INSTITUTUL DE MEDICINĂ IAȘI

LABORATORUL DE FIZICĂ MEDICALĂ

ELEMENTE DE FIZICĂ MEDICALĂ

Dr. I. ȘTEFAN

VOL. II

~1958~

LITOGRAFIA INSTITUTULUI DE MEDICINĂ IAȘI

Scanned with OKEN Scanner

ELEMENTE DE FIZICĂ MEDICALĂ

Dr. I. ȘTEFAN

Scanned with OKEN Scanner

TABLA DE MATERII

ACUSTICA

Oscilaţii şi unde

Mărimi ce caracterizează mişcarea oscil. 1
Pendulul 2
Forme de unde 3

Proprietăţile sunetelor

Transmiterea şi viteza sunetelor . 5
Reflexia sunetelor 6
Refracţia 8
Interferenţa 9
Difracţia 10
Rezonanţa 10
Amortizarea sunetelor 11

Clasificarea sunetelor

Proprietăţi fiziologice 13
Înălţimea 13
Sonoritatea 17
Timbrul 24

Analiza sunetelor 27
Reproducerea sunetelor 28

Auditia

Teoriile auditiei 35
Acuitatea auditivă. 36
Ameliorarea auzului 40
Efectul biauricular 41
Pragul diferenţial 42
Camuflarea sunetului. 43
Influenţa zgomotului şi trepidaţiilor asupra auzului 44

Fonaţia

Prop.sunet laringeal 49
Vocea 51

Zgomotele organismului 56

Infrasunetele 59
Ultrasunetele 59

CALDURA

Principii generale 69

Noţiunea de temperatură

Efectele temperaturii 70
Echilibre termice 77
Schimbări termice 77
Amestecuri refrigerente 78

Consid.biol.şi aplic.în medicină 78

Energie calorică

Natura căldurii 94
Izvoare de căldură 96
Propagarea căldurii 96
Noţiuni despre calorie 99
Căldura specifică 100
Căldura latentă 102
Efectele căldurii 103
Topirea 104
Evaporarea. 106
Fierberea 109
Lichefierea 111
Solidificarea 114
Termodinamica 115
Principiul I. 115
Principiul II.. 116
Consideraţiuni biologice. 118
Calorimetria 143

Higrometria 164

OPTICA

Istoric 179

Proprietăţi generale

Viteza luminii 184
Presiunea luminii. 184
Propagarea luminii 184

OPTICA GEOMETRICĂ

Reflexia luminii 186
Difuziunea luminii 193
Refracţia luminii 195
Reflexia totală 214
Refractometria 216,
Dispersia luminii 225

Instrumente optice măritoare 241
Lupa 241
Microscopul compus . . . 242
Ultramicroscopul 256
Microfotografia 259
Microscopul polarizant . 260
Microscopia în fluorescență 260
Microscopul prin lumină reflec. 263
Procedee microscopice de desenat 265
Procedee microscopice de măsurat 268

OPTICA FIZICA

OPTICA ONDULATORIE
Interferența luminii 273
Difracția luminii 279
Fenomenul de dublă refracție 299
Polarizarea luminii 302

OPTICA FOTONICĂ
Fenomenul foto-electric . . . 322
Emisia și absorbția luminii . 326

OPTICA FIZIOLOGICA
Ochiul 332
Constante optice 332
Dioptri oculari 333
Ochiul redus 333
Mărimea imaginei retiniene .. 335
Ochiul fiziologic 339
Aberațiile ochiului 342
Corijarea ametropiilor. . . . 348
Metode optice de examinare a globilor oculari 368
Proprietățile retinei 377
Acomodarea 393
Vederea binoculară 397
Percepția reliefului 403
Fiziologie iluminării. 408
Helioterapia 418
Fotometria 430
Unități de măsură 430
Legi 435
Fotometria 439
Colorimetria 453
Nefelometria 464
Opacimetria 469
Turbimetria 470
Ciocanoterapia 470,5
pt os

A C U S T I C A

Scanned with OKEN Scanner

Oscilaţii şi unde

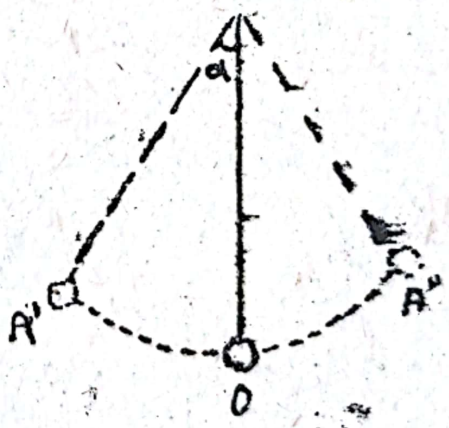
Un corp se spune că oscilează atunci cînd se mişcă de o parte şi de alta a unei poziţii de echilibru, iar mişcarea produsă de un astfel de corp se numeşte mişcare oscilatorie. Mişcările oscilatorii au caracteristic faptul că se repetă regulat după intervale de timp egale. Ele se întîlnesc adeseori în natură (de ex. mişcarea unui pendul, a planetelor, etc.).

Dacă mişcarea oscilatorie durează la infinit fără schimbarea amplitudinei, se zice că este o mişcare oscilatorie întreţinută, iar dacă însă îşi micşorează treptat amplitudinea pînă la anulare, se numeşte amortizată; astfel de mişcări fac mai toate corpurile de pe pămînt.

Mişcările oscilatorii aparţin unei forme generale de mişcare. Astfel avem de-a face cu oscilaţii nu numai atunci cînd observăm direct mişcarea unui corp sau simţim vibraţiile lui, ci orice corp sonor execută o mişcare oscilatorie în general invizibilă, pe lîngă faptul că mişcarea termică a moleculelor unui corp solid este deasemenea oscilatorie.

Mărimi ce caracterizează mişcarea oscilatorie.

Oscilaţia simplă reprezintă spaţiul străbătut de un corp ce execută o mişcare oscilatorie (de ex. din A' în A"). Două oscilaţii simple alcătuiesc o oscilaţie completă.



Amplitudinea este de două feluri : unghiulară şi liniară.

-Amplitudinea unghiulară reprezintă unghiul format dintre poziţia de echilibru şi una dintre poziţiile extreme (unghiul α).

-Amplitudinea liniară reprezintă arcul străbătut(OA').

Perioada(T) reprezintă timpul (durata) în care se execută o oscilaţie completă (A'-A").

Frecvenţa (υ)reprezintă numărul de oscilaţii pe secundă.

$$\upsilon=\frac{1}{T} \qquad T=\frac{1}{\upsilon}$$

De exemplu dacă perioada este egală cu 1/2 sec.,

atunci într-o sec.se fac două oscilaţii. Frecvenţa se măsoară în hertzi.Un Hz.reprezintă o oscilaţie pe secundă.

Lungimea de undă (λ) reprezintă spaţiul dintre două puncte perfect simetrice. Astfel într-o perioadă (T)a unei oscilaţii,unda străbate o distanţă egală cu λ.

Viteza (v) reprezintă drumul străbătut în unitatea de timp. Astfel distanţa cu care oscilaţiile se propagă în timp de o perioadă va fi v.T şi constituie lungimea de undă.Deci:

$$\lambda = v.T \quad ; \quad v = \frac{\lambda}{T} = \lambda.\frac{1}{T} = \lambda.\upsilon$$

Pendulul. Ca tip de corp ce execută o mişcare oscilatorie avem pendulul care poate fi matematic sau fizic.

Pendulul matematic reprezintă un corp de o masă oarecare,dar de dimensiuni neglijabile (punct material) atîrnat de un fir inextensibil şi de greutate neglijabilă.

Un astfel de pendul desigur că nu există în realitate,însă se poate alcătui unul cu o destulă exactitate.

Pendulul fizic este reprezentat de orice corp ce oscilează în jurul unei axe ce nu trece prin centrul său de greutate. Diversele particole din interiorul unei astfel de pendul,se pot considera ca pendule matematice de lungimi diferite ce vor oscila fiecare în funcţie de lungimea sa.Aşa că el va oscila cu aceiaşi perioadă cu aceea dată de lungime pendulului matematic care va avea o lungime medie.

Legile pendulului.

A. Legile factorilor absenţi :

1.Perioada unui pendul este independentă de amplitudine,cînd valoarea amplitudinei este mică (sub 5°) - legea izocronismului micilor oscilaţii. Asta înseamnă că oscilaţiile mici se execută în acelaşi timp.

2.Perioada unui pendul este independentă de masa lui şi de natura materialului din care este făcut.

B. Legile factorilor prezenţi :

3. Perioada unui pendul este direct proporţională cu rădăcina pătrată a lungimii lui.

4. Perioada unui pendul este invers proporţională cu rădăcina pătrată a intensităţii gravităţii.

De unde, perioada oscilaţiei complete se poate deduce din formula :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g}}$$

O formă deosebită a mişcării oscilatorii o reprezintă mişcarea ondulatorie : în mediile elastice (solide, lichide, gaze) oscilaţiile care se nasc într-un punct nu pot rămîne izolate în acel punct, ci, părţile constitutive ale mediului sînt antrenate succesiv în mişcarea oscilatorie datorită forţelor de interacţiune. Dar această propagare nu se face instantaneu, ci întotdeauna cu o anumită întîrziere, căci din cauza inerţiei fiecare particolă nouă a mediului intră treptat în mişcare, cîştigînd viteză sub influenţa forţelor de interacţiune, datorită particolelor vecine care s-au deplasat deja din poziţia de repaus. Astfel fiind, este clar că mişcarea oscilatorie va fi transmisă părţilor vecine ale mediului cu o viteză determinată ce depinde de elasticitatea, inerţia şi densitatea mediului. Mişcările oscilatorii de acest gen din mediile elastice sînt numite mişcări ondulatorii sau pe scurt unde.

Forme de unde.

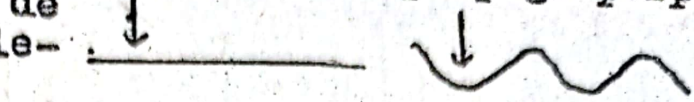
Ori de cîte ori aerul suferă o perturbare bruscă într-un loc oarecare, se produce o undă aeriană care se propagă de aproape în aproape şi care atingînd urechea, produce ceea ce numim o senzaţie sonoră. Indiferent de natura undei, ea se poate propaga în mai multe feluri şi anume :

- In cazul în care undele se propagă într-o singură direcţie pe un singur plan, spunem că avem de-a face cu unde plane;
- Intr-un sistem bidimensional (de ex. suprafaţa unui lichid), agitarea într-un punct produce unde circulare;
- Intr-un mediu oarecare tridimensional (de ex. în aer), se vor produce unde sferice.

Undele pot fi făcute polarizate, adică să se propage într-un singur plan.

In funcţie de direcţia de propagare, undele pot fi :

- transversale (cînd undele se propagă perpendicular pe direcţia de propagare a particulelor materiale);



- longitudinale (cînd undele se produc de-a lungul aceleiaşi drepte după care se propagă şi particulele vibratorii materiale);

- undele se pot propaga în acelaşi timp şi longitudinal şi transversal, numai că vitezele de propagare pot fi diferite în aceste două cazuri căci forţele elastice care fac ca punctele materiale să se întoarcă în poziţia de echilibru pot fi complet diferit.

Oscilaţiile şi undele din mediile elastice a căror frecvenţe sînt cuprinse în limitele de percepere ale organului auditiv omenesc, se numesc sunete, cu studiul lor ocupîndu-se acustica.

Prin natura ei fizică, acustica este o parte a mecanicii şi se sprijină pe teoria oscilaţiilor mecahice, pe hidromecanică şi elasticitate . Dar deoarece omul prezintă un organ special pentru sunete (organul auditiv) care-i permite să recepţioneze sub formă de sunete, oscilaţiile şi undele mecanice din anumite limite de frecvenţă, acest fapt face ca acustica să devină un domeniu de sine stătător cu o serie de particularităţi condiţionate de natura recepţionării auditive. In legătură cu aceasta, studiul oscilaţiilor şi undelor mecanice capătă o importanţă deosebită pentru frecvenţe situate între limitele de audibilitate, adică între 16 Hz. şi 20.000 Hz., ceea ce corespunde la o lungime de undă cuprinsă între cca. 20 m. şi 2 cm. Dar întocmai ca şi optica, datorită perfecţionărilor tehnice, se studiază procese ce nu sînt percepute de urechea umană (infra şi ultrasunetele, dintre care, în special cele din urmă au început să aibă o importanţă din ce în ce mai mare).

Deci în studiul acusticei intră şi unde materiale ce nu sînt percepute de urechea umană, aceasta mai ales datorită faptului că limitele de percepţie variază dela cm la cm şi în funcţie de vîrstă (limita superioară de percepţie scade simţitor la

bătrîneţe). Intre sunete, cele muzicale cuprind abia o mică parte (între 16 şi 5000 Hz.).

Se studiază în acustică şi procese cu caracter neperiodic care se desfăşoară rapid, dar în limita audibilităţii (ciocniri, impulsuri).

Noi ne vom ocupa în special de fenomenele acustice strîns legate de cele biologice.

Proprietăţile sunetelor

1) Transmiterea şi viteza sunetelor. Sunetele se pot propaga prin orice mediu material, dar nu pot trece prin vid lucru ce se poate demonstra foarte uşor cu o sonerie inclusă într-un recipient de sticlă în care se scoate aerul.

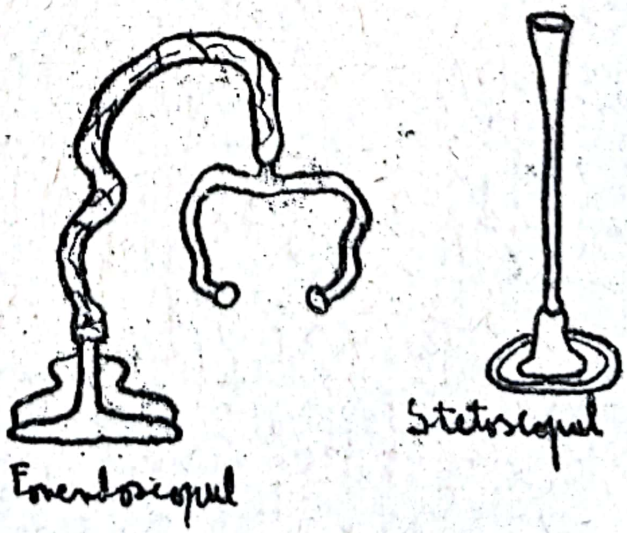
Transmiterea se face mult mai uşor prin medii omogene şi elastice şi mult mai greu prin medii heterogene şi unele corpuri cum ar fi vata, rumeguşul, etc. şi care pentru a amortiza zgomotele se pun în sălile de spectacole.

Viteza de propagare a sunetului este foarte variabilă în funcţie de natura mediului, temperatură, presiune, etc.

Gaze (0^0)		Lichide (17^0)		Solide	
Aer	331 m/s	Apa	1430 m/s	Sticlă	4500-5600
CO_2	258 "	alcool etil.	1440 "	Aluminium	5250
O^2	315 "	Mercur	1460 "	Oţel	5050
H	1263 "			Fontă	3500

Aplicaţii în medicină. Bazate pe buna conductibilitate sonoră a corpilor solide, s-au construit unele aparate medicale în scopul de a percepe mai bine anumite zgomote normale şi patologice. Aceste aparate sînt stetoscopul şi fonendoscopul.

Stetoscopul, inventat de medicul Laenec, este alcătuit dintr-un tub de lemn sau metalic ce se termină la un capăt cu o pîlnie mai largă şi la care se aplică urechea medicului, în timp ce capătul celălalt ce are o formă conică, se aplică pe regiunea de ascultaţie. Din comoditate, deşi se pierde din claritatea sunetelor, ste-



toscoapele au evoluat în sensul că actualmente sînt formate dintr-o cupolă de obicei metalică, de la care pleacă două tuburi de cauciuc ce se continuă cu două tuburi metalice şi care la rîndul lor, se termină cu două olive ce se introduc în urechi.

Fonendoscopul, faţă de stetoscop, are un orificiu la cupola metalică prin care poate ieşi aerul afară, dar şi care la nevoie se poate închide cu un căpăcel, ajutînd astfel la ameliorarea sunetului.

2) Reflexia sunetelor. Intocmai ca şi în cazul luminii, unda sonoră care se propagă printr-un mediu, dacă întîlneşte un mediu solid cu o suprafaţă mai mare decît lungimea de undă a undei sonore, se reflectă.

Ca aplicaţii ale reflexiei sunetelor avem :

- Ecoul se percepe atunci cînd în faţa unui obstacol se emite un sunet scurt şi cînd, după un timp oarecare ce depinde de distanţa pînă la obstacol, se aude un al doilea sunet ce pare că provine dintr-un punct simetric al sursei faţă de obstacol. Fenomenul se explică prin aceea că urechea percepe două sunete separate cînd între ele este o diferenţă de timp de cel puţin 0,10 sec. Cum sunetul se propagă în aer cu o viteză medie de 340m/sec., înseamnă că pentru ca să se perceapă ecoul trebuie ca obstacolul să se găsească la o distanţă de cel puţin 17 m faţă de sursa sonoră.

Si în cazul undelor sonore, legile stabilite la reflexia undelor luminoase sînt păstrate întocmai.

- Reverberaţia sălilor constă din următoarele : într-o încăpere închisă, undele sonore sînt reflectate şi parţial absorbite de pereţi şi obiectele ce se găsesc în cale. Această reflexie şi absorbţie determină proprietăţile acustice ale unei săli, cînd datorită undelor reflectate, sunetul poate fi auzit în încăperile mari timp de cîteva secunde după ce sursa sonoră a încetat să mai emită sunete. Acest sunet rezidual poartă numele de reverberaţie. Cînd ea este prea îndelungată, sunetele ce ar trebui să se audă separat, se contopesc provocînd în încăperi o sonoritate excesivă, neplăcută. Dacă însă reverberaţia este prea scurtă, adică o absorbţie prea mare a sunetelor, se creează o slăbire neplăcută, vocea oratorului sau a cîntăreţului nemaiputînd umple astfel sala.

Sonoritatea unei săli depinde deci de natura mobilierului din interior, de plușul cu care este acoperit, de ornamentele arhitecturale, de picturi și mai ales de lumea pe care o conține sala respectivă.

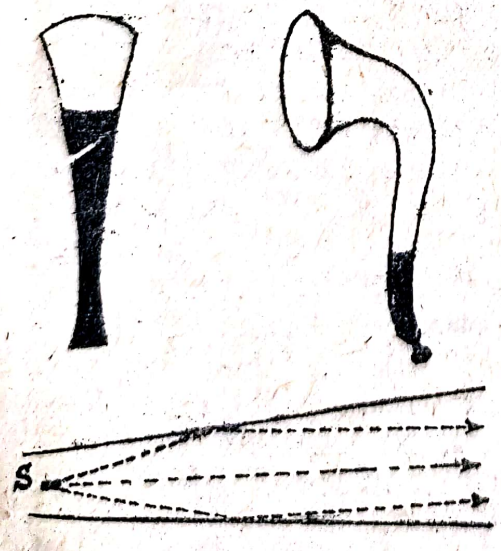
Tehnica modernă permite să calculăm cantitatea de materiale care absoarbe sunetele și cu care deci trebuie căptușită o sală pentru ca timpul de reverberație să atingă valoarea dorită. Deoarece într-o cameră cu fereastră deschisă sunetul se pierde în cea mai mare parte prin acest loc, fereastra deschisă poate fi considerată ca locul de maximă absorbție a sunetelor. Coeficientul de absorbție al unui material reprezintă raportul dintre capacitatea sa de absorbție față de o fereastră deschisă de aceeași suprafață.

Dăm mai jos un tabel cu cîțiva coeficienți de absorbție :

Fereastra deschisă. . .	1,00
Pîslă . . .	0,78
Covor . . .	0,20
Cărămidă . . .	0,075
Beton . . .	0,015

Din cauză că betonul are o așa de mică absorbție, se explică de ce încăperile cu pereții și podelele de beton sînt foarte sonore, așa cum este cazul bisericilor unde oratorii sînt obligați să vorbească lent pentru a evita suprapunerea în ureche a zgomotelor directe și a celor indirecte.

- Construirea aparatelor : cornetul acustic și tubul port-voce (amplificator). Dacă dorim să transmitem sunetele la o distanță mai mare, vorbim în deschizătura mică (S) a cornetului. Intîlnind pereții cornetului, undele sonore se reflectă și se îndreaptă numai spre deschizătura lui, astfel că energia sonoră care în aer liber s-ar repartiza pe un volum mare, este concentrată și produce o acțiune mai puternică asupra organului auditiv.



Cornetul acustic este un tub similar, de obicei

de cauciuc, prevăzut la un capăt cu o pîlnie, celălalt capăt mai subţire introducîndu-se în conductul auditiv.

De altfel pavilionul urechii şi conductul auditiv extern reprezintă un cornet acustic care concentrează undele sonore în direcţia urechii medii.

3) Refracţia. Trecerea sunetului dintr-un mediu în alt mediu în care viteza lui de propagare să fie diferită, produce refracţia undelor sonore: o parte a sunetului trece în mediul al doilea, iar o parte se reflectă.

Si acest fenomen este asemănător cu cel al refracţiei undelor luminoase.

In cazul trecerii din apă în aer şi invers, pentru o incidenţă normală, nu pătrunde mai mult de 0,1 din energia sonoră incidentă, restul se reflectă. Cînd sunetul cade pe stratul de aer de temperaturi diferite, se produce la suprafaţa de separaţie, o mică reflexie a sunetului pe cînd cea mai mare parte a lui traversează suprafaţa. Dacă în atmosferă există straturi cu temperaturi diferite (ceea ce se întîmplă în zilele călduroase), sunetul se reflectă parţial la nivelul acestor limite şi apoi difuzează. Astfel fiind sunetul slăbeşte prin propagare mult mai mult decît într-o atmosferă omogenă. In timpul nopţii deasupra cîmpiilor sau a lacurilor, temperatura este foarte uniformă şi de aceea sunetele sînt auzite foarte departe.

Cînd lungimea de undă este mică, fenomenul de refracţie se poate ilustra cu ajutorul lentilelor biconvexe, mari, goale, confecţionate din membrană de colodiu şi umplute cu vată sau puf uşor (convergente-viteza sunetului se micşorează) sau umplute cu hidrogen (divergente-viteza creşte).

Datorită faptului că viteza sunetului într-un strat oarecare la înălţimea de 50-70 km este mai mare decît în straturile inferioare, în urma variaţiei proprietăţilor de refrangibilitate (variaţia temperaturii şi a componentei atmosferice), sunetul ce pleacă sub un anumit unghi faţă de suprafaţa terestră, se înconvoaie treptat, descrie un arc şi se întoarce din nou spre pămînt. Ca o consecinţă a producerii razelor sonore curbilinii, sunetelor exploziilor puternice pot fi auzite la distanţe extraordinar de mari (200-300 km) în aşa zisă zonă a audibilităţii anormale, în timp ce

sunetele ce merg de-a lungul pămîntului sînt puternic absorbite şi difuzate din cauza neregularităţii solului, putînd fi astfel auzite la distanţa maximă de 20-30 km. Intre aceste două zone este zona de tăcere.

4) Interferenţa. Cînd două unde se întîlnesc într-un punct al universului, se produce o mişcare rezultântă care se obţine făcînd suma geometrică a mişcărilor componente.

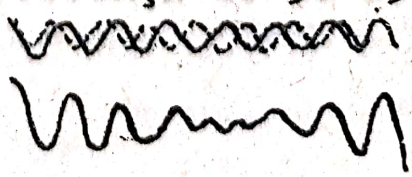
Cînd undele au aceiaşi perioadă şi trec simultan prin valori maxime de acelaşi semn, se spune că ele sînt în fază şi deci mişcările vibratorii se adaugă. Dacă maximum unei unde dintr-un sens corespunde maximului undei celeilalte dar de sens contrar, mişcările sînt în opoziţie de fază şi se retractă, putîndu-se chiar anula cînd au aceiaşi amplitudine.

Un caz particular de interferenţă este atunci cînd undele plane care se propagă sînt oprite de o suprafaţă de care se reflectă. In acest caz, undele reflectate se combină cu celelalte astfel încît mişcarea rezultantă are aceiaşi fază în toate punctele, contrar la ceea ce se întîmplă într-o undă progresivă. Din această cauză, această deformaţie periodică a mediului poartă numele de unde staţionare, deoarece ondulaţiile par a se efectua pe loc. Există astfel o serie de planuri echidistante, paralele cu planul de reflexie şi separate între ele printr-un interval egal cu o semilungime de undă, pentru care amplitudinea mişcării este maximă şi variaţia de presiune nulă : pîntecele. Intre acestea, la semi distanţe se găsesc planuri în care, mişcările vibratorii sînt din contra nule şi variaţia de presiune maximă : nodurile.

Dacă perioadele (frecvenţele) a două oscilaţii sînt foarte apropiate, compunerea lor pentru un timp redus are loc la fel ca în cazul cînd perioadele sînt egale, aşa că rezultanta va prezenta în mod periodic, creşteri şi diminuări de amplitudine numite bătăi.

Bătăile produc asupra auzului o impresie neplăcută atunci cînd au o frecvenţă de 30-130/sec.

Cauza fizică a bătăilor se înţelege din Fig.alăturată. Linia



plină de sus reprezintă unda cu numărul de oscilaţii (ν) de 512 Hz., iar cea punctată (ν') = 576 Hz. Linia de jos reprezintă unda compusă. In limitele desenului se văd amplitudini mai mari şi mai mici ale mişcării compuse ce produc întărirea şi slăbirea sunetului.

Numărul bătăilor pe sec. este egal cu $\nu' - \nu = n$; în exemplul de mai sus : 576 - 512 = 64

5) Difracţia. Deoarece în acustică avem de-a face cu lungimi de undă cuprinse între cîţiva cm. şi cîţiva m., nu avem dreptul de a introduce noţiunile de unde sonore ce se reflectă sau se refractă în mod normal şi regulat, decît în limite restrînse şi anume numai atunci cînd dimensiunile obiectelor pe care cad aceste unde, sînt suficient de mari. Cum în mod frecvent, undele sonore întîlnesc obstacole mai mici decît lungimea lor de undă sau trec prin orificii, se produce fenomenul de difracţie a sunetului, undele sonore pătrunzînd într-o măsură foarte mare în regiunea umbrei geometrice. Datorită acestui fapt putem auzi sunetele unor surse situate în afara cîmpului de vedere (după colţul casei, după un zid înalt).

Sunetele vor înconjura un obstacol cu atît mai bine, cu cît frecvenţa vibraţiilor este mai mică.

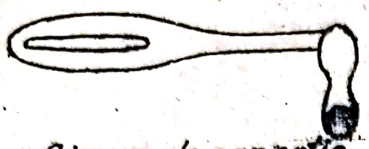
6) Rezonanţa. Energia mişcărilor oscilatorii ale unui corp pot fi absorbite de către un alt corp numit rezonator. Dacă frecvenţa acestuia din urmă este egală cu frecvenţa oscilaţiilor pe care le primeşte, rezonatorul intră şi el în vibraţie, simultan producîndu-se o creştere a aplitudinei oscilaţiilor, fenomen ce poartă numele de rezonanţă.

Exemple de rezonanţă sînt numeroase :

Dacă luăm două diapazoane care să producă aceeaşi notă, le aşezăm alăturea şi dacă facem pe unul din ele să vibreze, vedem că începe să vibreze şi celălalt diapazon.

- Dacă luăm un pian deschis în faţa căruia emitem de ex. nota La, vom auzi că una din corzile pianului şi anume aceea care emite obişnuit nota La intră în vibraţie, emiţînd şi ea aceeaşi notă. Numai această coardă a împrumutat din aer acele vibraţii pentru care vibraţia sa are aceeaşi perioadă cu a undelor din aer ajunse la ea.

Aplicaţii în medicină. In medicină se obişnuieşte de foarte multe ori, pentru punerea unui diagnostic, să aşezăm pe suprafaţa corporală bolnavă (torace, abdomen), un deget sau alteori o placă metalică specială numită plesimetru pe care le lovim cu un deget de la mîna opusă sau cu un ciocănel. Sunetul care se aude în aceste cazuri nu este altceva decît rezonanţa cavităţilor corporale la loviturile efectuate. In aceste cazuri plesimetrul şi degetul sînt exemple de bună conductibilitate sonoră a corpurilor solide.



Ciocan de percuţie

plesimetru

7) Amortizarea sunetelor. Micşorarea amplitudinei oscilaţiilor cu distanţa se explică prin divergenţa undei şi repartizarea unei aceleiaşi energii într-un volum mai mare. Amortizarea se mai explică mai ales pentru propagarea sunetului prin tuburi, şi prin vîscozitatea aerului, adică prin frecarea dintre păturile de aer mai mobile faţă de cele aflate mai în repaus.

Trepidaţiile. Amortizarea lor. Ca o consecinţă a fenomenului de rezonanţă avem trepidaţiile. In numeroase maşini, forţele acţionează periodic producîndu-se izbituri care repetîndu-se periodic se transmit la toate celelalte părţi ale maşinei şi chiar la clădirile în care se află. Cînd frecventa forţei care acţionează devine apropiată de aceea cu care poate să vibreze maşina sau clădirea, se produce fenomenul de rezonanţă care uneori prin mărirea amplitudinei vibraţiilor, poate duce la ruperea axei maşinei, zdruncinarea bazei ei sau chiar zdruncinarea pereţilor clădirei. Tot prin aceleaşi cauze unităţile militare nu trebuie să traverseze podurile în pas cadenţat căci zdruncinăturile periodice produc o legănare atît de puternică încît podul se poate rupe.

Tehnica ia măsuri speciale pentru reducerea oscilaţiilor provocate de rezonanţă. Astfel, la maşini se aşează sub postamentul lor pîslă sau se pun arcuri, care au rolul de a absorbi energia oscilaţiilor. La clădiri turnarea betonului între două grinzi se face cu acelaşi scop.

Clasificarea sunetelor.

După modul de acţiune asupra nervilor motori, cît şi d.p.v.fizic, sunetele se împart în :

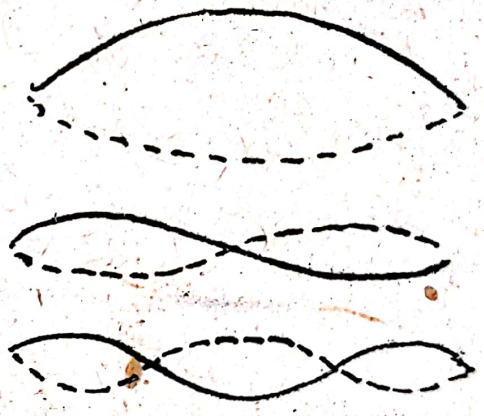
- sunete periodice sau muzicale;
- sunete neperiodice (zgomotele).

Sunetele periodice se împart şi ele la rîndul lor în tonuri pure (armonice simple) ce se produc foarte rar (de ex. diapazonul) şi în sunete complete.

Sunetele muzicale sînt tonuri complexe a căror frecvenţă este în raporturi de 1:2:3:4 şi a.m.d. Acest fel de componenţă a tonului complex este numit ton enarmonic. Cel mai coborît dintre aceste componente este numit ton fundamental, el fiind şi primul ton enarmonic. Frecvenţa următorului ton enarmonic este de două ori mai mare decît acel fundamental, acelui de al treilea ton enarmonic de 3 ori mai mare şi a.m.d.

Deci, se numeşte sunet fundamental, sunetul propriu care are numărul cel mai mic de vibraţii pe secundă, lui formîndu-i-se numărul cel mai mic de noduri. Astfel, prin vibraţia unei coarde fixate la capete, se formează la capete noduri iar la mijloc o umflătură. Lungimea (L) a coardei corespunde unei jumătăţi de undă staţionară, de unde, lungimea de undă a sunetului fundamental va fi :

$L = \lambda/2$; $\lambda = 2 \cdot L$



Vibraţiile unei coarde corespunzînd sunetului fundamental şi a armonicilor superioare.

Cînd coarda este fixată numai la un capăt, se formează un nod la acel capăt şi la cel opus o umflătură. Pe lungimea unei astfel de bare se formează un sfert de undă staţionară şi deci lungimea de undă a sunetului fundamental va fi :

$L = \lambda/4$; de unde $\lambda = 4 \cdot L$

Dar într-un corp care vibrează, pot lua naştere odată cu sunetul fundamental şi sunete a căror frecvenţă este de un număr întreg de n ori mai mare

decît frecvenţa sunetului fundamental. De ex. dacă luăm o coardă pe care o facem să vibreze lovindo în punctul ce se află la o distanţă de 1/4 din lungimea ei şi dacă apoi atingem cu degetul mijlocul corzii, vibraţia fundamentală se opreşte însă sunetul nu încetează ci se percepe cu o octavă superioară celui fundamental, adică are un număr îndoit de vibraţii pe sec. Dacă se loveşte coarda la mijlocul ei şi apoi este atinsă în punctul ce se află la o distanţă de 1/3 din lungimea ei, se va auzi un sunet şi mai înalt.

Sunetele a căror număr de vibraţii pe sec. sînt un număr multiplu întreg al numărului de vibraţii ale sunetului fundamental, se numesc armonice superioare. Astfel corzile sonore pot da în acelaşi timp cu sunetul fundamental şi armonice superioare ce au un număr de vibraţii de 2,3,4 ... n ori mai mari. O bară fixată numai la un capăt, dă armonici superioare ce au un număr nepereche de n ori mai mari, de ex. 3,5,7... 2 n + 1 ori mai mare decît sunetul fundamental.

Proprietăţile fiziologice

Din punct de vedere fizic, sunetele au următoarele caractere : frecvenţă, intensitate, viteză, fază iar din punct de vedere fiziologic: înălţime, sonoritate şi timbru. Zgomotele nu au decît intensitate.

Să studiem pe rînd proprietăţile fiziologice ale sunetelor.

1. Înălţimea

La o variaţie treptată a frecvenţei unui ton simplu, auzul percepe o variaţie absolut determinată şi caracteristică ce este legată de frecvenţa oscilaţiilor şi care poartă numele de înălţimea sunetului.

Înălţimea reprezintă pentru sunete ceea ce reprezintă culoarea pentru senzaţiile vizuale. Această proprietate se exprimă în mod curent zicînd că un sunet este mai mult sau mai puţin acut (ascuţit) sau grav.

Se constată că tonul muzical de formă complexă, are pentru auz, aceiaşi înălţime ca şi tonul simplu de frecvenţă egală cu frecvenţa fundamentală a tonului muzical dat.

Înălţimea este percepută între anumite limite de frecvenţă. Astfel dacă oscilaţia sonoră durează

un timp de ordinul cîtorva sutimi de sec.sau mai puţin,nu mai este percepută înălţimea lui ci o ciocnire sau o ciupitură.

Proprietatea fundamentală a percepţiei înălţimei sunetului constă în aceea că la o variaţie a frecvenţei tonului într-un acelaşi raport,se obţine senzaţia unei aceleiaşi variaţii a înălţimii;de ex.la dublarea frecvenţei,indiferent dacă de la 400 la 800 sau de la 3000 la 6000,ni se pare că înălţimea variază cu aceiaşi valoare.

Gamele muzicale.Intr-o bucată muzicală trebuie să considerăm :

- melodia,alcătuită din sunete ce urmează unul după altul;
- acordul,sunete produse simultan.

In ambele cazuri sunetele se deosebesc în ce priveşte înălţimea,prin intervalele muzicale.Astfel ceea ce determină un interval este raportul dintre frecvenţele sunetelor respective.

Intervalul de 2/1 se numeşte octavă iar ansamblul sunetelor dintr-o octavă se numeşte gamă.

In afară de acest interval sînt şi altele cu sunete mai apropiate unul de altul. De ex.în gama naturală majoră avem intervalul de 9/8 numit ton major,intervalul de 9/10 numit ton minor sau 16/15 semiton major.

Notele :	do	re	mi	fa	sol	la	si	do
Interval:		9/8	10/9	16/15	9/8	10/9	9/8	16/15
	1n	9/8n	5/4n	4/3n	3/2n	5/3n	15/8n	2n

n = numărul de oscilaţii a primului ton.

In acest tabel primul rînd dă intervalele dintre tonurile succesive,iar rîndul 2 dă intervalele de primul ton (do).

Cînd două sunete ajung simultan la ureche, se produce o senzaţie care poate fi agreabilă :consonanţa sau dezagreabilă : disonanţa.

Astfel,senzaţia pe care o are urechea auzind acordurile este cu atît mai consonantă,cu cît numerile din raport sînt mai mici şi cu cît raportul numărului vibraţiilor, deci intervalul în timpul unei aceleiaşi durate,este mai simplu. Cînd acesta este egal cu 1,sunetele au aceeaşi înălţime: sînt

la unison iar cînd este egal cu 2,unul dintre sunete are o frecvenţă dublă celuilalt.

Deoarece cerinţele urechii sînt mari în ceeace priveşte acordurile,se folosesc şi intervale cu raporturi mult mai complicate cum ar fi : 16/15;10/9;9/8;5/4 (do-mi,fa-la,sol-si)numit terţa majoră;6/5 (mi-sol,la-do,si-re) numit terţa minoră; 4/3 (do-fa,re-sol,mi-la,sol-do,si-mi) numit cuarta; 3/2 (do-sol,mi-si,fa-do,sol-re,la-mi) numit chinta; 5/3 numit sixta majoră,etc. Mai consonante sînt : octava,chinta,cuarta şi mai puţin plăcute sînt terţa majoră şi sixta minoră.

In cazul prezenţei simultane a două tonuri, urechea distinge două bătăi cu o diferenţă de frecvenţă foarte mică : pînă la 0,1 Hz.In cazul succesiunii a două tonuri,o diferenţă de frecvenţă mult mai mare devine aproape imperceptibilă.Pentru tonurile înalte,intervalul de 1,003 Hz.devine abia perceptibil. De ex.pentru 1000 Hz.se constată o diferenţă de frecvenţă de 3 Hz. Pentru tonuri joase,intervalul la limita de percepere es e şi mai mare şi ajunge pînă la 1,01 (un Hz.pentru tonul de 100 Hz.). Efectuînd comparaţia prin auz a cîtorva etaloane de frecvenţă,putem majora uşor frecvenţa cu precizie pînă la 0,5 Hz.

Instrumentele muzicale care permit modificarea continuă a frecvenţei sunetului emis (de ex. vioara)permit artistului posibilitatea să producă nota cerută. In cazul instrumentelor muzicale ce au numai posibilitatea variaţiilor discontinui a înălţimilor sau a instrumentelor ce se acordă pentru un timp lung (pianul),trecerea de la o gamă la alta cu respectarea intervalelor prescrise,ar duce la complicaţii foarte mari.In acest caz,chiar pentru un interval mic de corecţie ar trebui să avem pentru fiecare gamă cîte 21 de corzi;deaceea la aceste instrumente în locul gamelor naturale se utilizează o gamă în care toate intervalele sînt egale între ele şi anume cu $12\sqrt{2}$. In această gamă nu se distinge tonul de semiton;primul este egal cu $6\sqrt{2}$ iar al doilea cu $12\sqrt{2}$. Intre fiecare două corzi ce ne dau primul interval,avem cîte o coardă ce ne dă semitonul. Această gamă se numeşte gama temperată şi în ea nu avem acorduri pure ca în gama naturală.Sînt şi alte sisteme de game caracteristice muzicii vechi şi orientale exotice.

Nu este just să ne imaginăm că înălţimea tonului se determină numai prin frecvenţa sa ci ea depinde şi de intensitate. Cu mărimea intensităţii (de la 150 - 1200 Hz), se observă că modificările cele mai mari de înălţime se găsesc la tonurile extreme, astfel încît înălţimea celor mai joase scade, iar înălţimea celor înalte creşte. Tonurile medii (1000-2000 Hz) se modifică foarte puţin în acest sens.

Apropiind şi depărtînd un diapazon puternic excitat, se percep variaţii de înălţime pînă la un semiton.

Sub numele de elect Doppler-Fizeau se înţelege creşterea înălţimii sunetului ce se produce atunci cînd observatorul se apropie de sursa undelor sonore, primeşte un număr mai mare de lovituri periodice în unitatea de timp; cu alte cuvinte creşte densitatea sunetului atunci cînd sursa sonoră se apropie de ureche şi invers.

Metodele de aflare a frecvenţei sunetelor.

I) Prin obţinerea unui sunet de aceiaşi înălţime cu sunetul de studiat. Pentru acest mod se utilizează sirena lui Cagnard de latour sau roata lui Savart. Prima constă dintr-o cutie cilindrică a cărui fund este prevăzut cu o deschidere prin care suflăm, iar capacul are o serie de găuri dispuse regulat de-a lungul unui cerc pe axa aparatulri. In faţa capacului se află un disc mobil în jurul axului aparatului avînd acelaşi număr de găuri ca şi cele ale capacului numai că sînt săpate în sens invers. In cutie se suflă aer şi de fiecare dată cînd găurile de pe capac vin faţă în faţă, aerul din cutie este aruncat la exterior. Dacă discul şi capacul au n găuri, la o rotaţie de 360°, acest lucru se întîmplă de n ori şi cum discul face N rotaţii pe secundă, aerul din faţa discului suferă pe secundă Nn compresiuni, producînd un sunet de frecvenţă : $v=N.n$.

Discul sirenei se pune în mişcare din cauza dispoziţiei în unghi a celor două rînduri de găuri. Variind presiunea aerului, reglăm viteza discului pînă ce aducem sunetul emis de sirenă la unison cu sunetul de studiat, fapt ce se apreciază cu urechea. Un numărător de rotaţii ce se pune în legătură cu discul mobil, ne dă posibilitatea să determinăm numărul de rotaţie pe sec.(N) şi să calculăm astfel frecvenţa.

2) Prin înscrierea vibraţiilor corpului sonor. Un diapazon la un braţ al căruia este fixat un vîrf metalic ascuţit, se pune în vibraţie şi vîrful şi aduce în contact cu o foaie de hîrtie afumată, fixată pe un cilindru înscriitor. Vibraţiile diapazonului se înscriu în formă de sinusoidă în număr de (n) pe circomferinţa cilindrului. Dacă cilindrul face (N) rotaţie pe sec., frecvenţa sunetului este : $\upsilon = N.n$. Un dispozitiv destinat pentru înscrierea vibraţiilor sonore, se numeşte fonograf.

2. Sonoritatea

Am văzut că reprezintă din punct de vedere fiziologic ceea ce reprezintă intensitatea din punct de vedere fizic.

Din p.d.v. fizic intensitatea reprezintă cantitatea de energie ce traversează în unitatea de timp, unitatea de suprafaţă normală razei sonore. Ea este proporţională cu pătratele amplitudinei şi frecvenţei şi depinde şi de densitatea mediului.

Această evaluare obiectivă a intensităţii sunetului nu corespunde cu aprecierea subiectivă care este bazată pe senzaţia directă deoarece urechea nu este la fel de sensibilă.

Astfel, sensibilitatea ei este în funcţie de înălţimea sunetelor, adică de frecvenţe. Astfel urechea este mai sensibilă pentru vibraţiile cuprinse în partea mijlocie a domeniului frecvenţelor muzicale, în special în regiunea cuprinsă între cca. 300 şi cîteva mii Hz. Sensibilitatea scade pe măsură ce ne apropiem de limitele domeniului frecvenţelor audibile. In domeniul frecvenţelor mari, odată cu slăbirea sensibilităţii, urechea pierde şi capacitatea de a aprecia înălţimea sunetelor.

De asemenea sunetul este cu atît mai puternic (intens) cu cît corpul care vibrează are mişcări vibratorii de amplitudine mai mare.

Pentru aceiaşi sursă sonoră, senzaţia este mai slabă, cu cît sunetul este transmis printr-un mediu mai puţin dens.

Pentru determinarea sensibilităţii acustice, trebuie aflată intensitatea minimă a sunetului

117822

care e capabilă să provoace o senzaţie auditivă. Măsurarea intensităţii se poate face prin metode diferite :

- Astfel, se poate măsura prin cantitatea de energie ce trece în unitatea de timp (o sec.) printr-o unitate de suprafaţă (1 cm^2) situată perpendicular pe direcţia de propagare a undei sonore. Ca urmare se exprimă în unităţi energetice (ergi sau microwaţi). Ca nivel de energie se ia valoarea de 10^{-16} W/cm sau 10^{-8} erg/cm^2 şi 1 sec. Trebuie de remarcat că energia chiar a celor mai puternice sunete, ca senzaţie acustică este foarte mică.

- Măsurarea intensităţii se poate face şi prin aflarea modificărilor de presiune ale aerului ce iau loc în unda acustică (presiunea acustică). Cum presiunea se măsoară în bare, ca nivel nul se ia presiunea de 0,0002 bare. Unei forţe de 1 erg/cm^2 în timp de 1 sec. îi corespund 0,4 bare. Măsurarea presiunei acustice are mare importanţă din p.d.v. biologic căci ea determină presiunea ce se exercită asupra timpanului şi deplasarea lichidului din melc, deplasare ce excită în mod specific periferiile nervului acustic.

Indiferent de modul de măsurare, trebuie să se găsească întotdeauna un nivel oarecare nul (indiferent) sau nivel de calcul, care va avea o valoare convenţională şi care corespunde intensităţii unui sunet de 1000 Hz. care se află mai jos de pragul urechii celei mai sensibile.

Se obişnuieşte să se considere ca prag acustic intensitatea minimă a sunetului perceput de o ureche la frecvenţa dată. In acest caz, măsura justă pentru sensibilitatea acustică (E) va fi valoarea inversă a pragului (S), adică $E_2 = 1/S$. De ex. presupunînd pragul egal cu 10^{-15} W/cm^2, sensibilitatea poate fi exprimată prin 10^{-15} sau prin numărul 15 în unităţi logaritmice.

In acustica modernă intensitatea sunetului se exprimă nu în unităţi absolute, ci relative. Astfel, raportul dintre intensitatea dată (I) a sunetului faţă de o altă intensitate (I_o) oarecare considerată în mod convenţional ca unitate sau nivel de calcul (deci : I/I_o), va exprima intensitatea sunetului deasupra unui nivel determinat.

Totuşi este incomod de a folosi în practică

acest fel de exprimare deoarece în limitele acustice ale urechii omeneşti, intensitatea sunetului se modifică foarte mult în funcţie de frecvenţa sunetelor. In regiunea sensibilităţii maxime (1000-4000 Hz) urechea poate percepe sunete a căror energie este de 10^3 ori mai mică decît energia care este necesară pentru atingerea pragului acustic în regiunea frecvenţelor inferioare. De ex. diferenţa dintre sunetele de forţă maximă şi minimă percepute, ajunge pentru tonurile de 1000 Hz la 10^4 ori (calculată în bare această corelaţie este de 6.000.000). Insă pentru fiecare frecvenţă de oscilaţie există un prag maxim şi unul minim de percepere precum şi o amplitudine maximă, în limitele căreia urechea percepe sunetele, iar dincolo de limitele căreia, în loc de senzaţii auditive, se percepe numai presiunea ce poate ajunge uneori la senzaţia de durere datorită presiunii exercitate asupra timpanului. La viteze de propagare de 1000^{-1} sec, urechea aude bine sunetele date de vibraţiile din aerul atmosferic de amplitudine de 10^{-8} mm, ceea ce corespunde unei variaţii de presiune de amplitudine de 0,22. 10^{-3} dyne/cm^4 şi unei intensităţi de 0,00086 erg/cm^2 . sec. Vibraţiile sonore din aer cu o amplitudine de 0,01 mm se aud ca sunete puternice. In domeniul mijlociu al frecvenţelor, urechea nu percepe diferenţe de intensitate inferioare lui 10%, iar în alte domenii, ea este şi mai puţin sensibilă la aceste variaţii.

Tăria subiectivă a sunetului nu se supune deci unei măsurări cantitative exacte, căci urechea am văzut că nu este potrivită pentru a aprecia variaţiile sau diferenţele de intensitate. Totuşi aprecierea intensităţii senzaţiei poate fi făcută în domeniul frecvenţelor mijlocii, basîndu-ne pe legea lui Weber-Fechner după care schimbarea intensităţii senzaţiei sunetului este proporţională cu logaritmul raporturilor energiilor excitatoare (intensităţilor) care provoacă aceste senzaţii. De unde formula .

$$S = K.\log.I$$

formulă în care : S = intensitatea sunetului şi I = intensitatea fiziologică.

Deci gradul de intensitate al unui sunet nu este asociat de urechea umană cu creşterea absolută a intensităţii (forţei sau presiunei) sunetului ci

cu cea relativă.

Pentru a exprima intensităţile fiziologice, s-a stabilit o unitate şi un zero pentru scara acestor intensităţi. Se atribuie intensitatea zero ($S_o=0$) unui sunet de 1000 Hz abia perceptibil cu urechea. Fie I_o intensitatea mecanică a acestui sunet. Pentru un sunet de aceiaşi înălţime dar de intensitatea mecanică I, avem formula de mai sus, adică : $S = K.\log.I$.

Scăzînd din această relaţie : $S_o=K.\log.I_o=0$, obţinem :

$$S = K.\log\frac{I}{I_o}$$ (intensitatea sunetului considerat) (I.aceluiaşi sunet la pragul audib.)

Pentru a fixa şi unitatea de intensitate fiziologică, unui sunet de : $I = 10.I_o$, i se atribuie o intensitate de 10 unităţi. Astfel se fixează şi valoarea constantei (K) la 10. Unitatea de intensitate sonoră astfel fixată se numeşte fon, iar formula care ni-l dă are deci forma :

$$S = 10 \log \frac{I}{I_o}$$

Cu urechea nearmată se pot asculta fără inconveniente sunetele ce au intensităţi cuprinse între 0 şi 130 foni. De la această intensitate, sunetele exercită asupra urechii acţiuni dureroase.

Mai există şi o altă scară de intensitate sonoră care întrebuinţează o unitate de aceiaşi valoare cu un fon, dar care are un zero ce corespunde unei intensităţi mecanice de 10^{-16} W/cm . In această scară unitatea de intensitate se numeşte decibel. Dacă luăm K=1, unitatea poartă numele de bel. Astfel :

$$S = \log\frac{I}{I_o}$$ bel.

Deci belul este o unitate mai comodă pentru utilizarea în acustică, întrucît, pentru toate nivelele de intensitate sonoră întîlnite în practică, putem să utilizăm numere întregi nu prea mari, pînă la 130. In plus se mai adaugă faptul că creşterea intensităţii sunetului cu 1 decibel este o creştere minimă pe care urechea normală o mai percepe în condiţii obişnuite. In acest mod numărul de decibeli (db) se determină prin formula :

$$N = 10 \log\frac{I}{I_o}$$

Raportul dintre două presiuni diferite (p şi p_o) ale undei sonore se exprimă în decibeli astfel:

$$N = 10 \log. \frac{p^2}{p_o^2} \quad \text{sau} \quad N = 20 \log. \frac{p}{p_o}$$

Pragul mediu acustic pentru un ton de 1000 Hz se află mai sus cu 2-3 db. decît nuvelul nul

Pentru folosirea practică a scalei logaritmice în db., trebuie să ştim următoarele raporturi : dacă presiunea sonoră a crescut de 10 ori în raport cu nivelul nul, atunci conform formulei, aceasta va corespunde la 20 db., iar creşterea de două ori a presiunei sonore va corespunde la 6 db. In acest mod, mărind presiunea sonoră de 80 de ori, adică 10.2.2.2 , aceasta va corespunde la 20 + 6 + 6 + 6= 38 db. După cum se vede din acest exemplu, scara logaritmică a decibelilor simplifică considerabil calculul.

Din cele de mai sus rezultă clar că intensitatea se află în relaţii logaritmice faţă de forţa sunetului (sau faţă de presiunea acustică). De ex. la o creştere a forţei sunetului de 10000 ori, urechea percepe noua exitaţie ca mărită numai de 4 ori (căci log. 10000=4).

Pe baza acestor premize s-a construit o tabélă internaţională a sunetelor pentru care unitatea de bază este belul. Punctul zero de intensitate a sunetelor (adică intensitatea sunetelor de 1000 Hz) corespunde pragului percepţiei auditive (egal cu 10^{-9} ergi/cm^2 pe sec.), iar punctul extrem reprezintă limita maximă a intensităţii ce nu provoacă durere (ceea ce corespunde cu 1000 bari). Acest interval se împarte în 130 decibeli. Tabelul este construit după principiul proporţiilor geometrice astfel ca spaţiul dintre două diviziuni să fie mai mare decît următorul de 1,26 ori, dacă intensitatea se compară cu forţa sunetului în ergi/cm^2 pe sec., sau de 1,26 ori dacă se compară cu presiunea în bari. Astfel, intensitatea a două sunete se deosebeşte cu 10 decibeli dacă tăria sunetului diferă de 10 ori, cu 20 decibeli la o diferenţă de 100 ori, etc.

Indicaţiile în decibeli ca mărimi fiziologice pot fi diferite pentru sunete de frecvenţă vibratorie diferită. De aceea una şi aceiaşi tărie exprimată în db. pentru zgomote de frecvenţe diferite,

va corespunde diferitelor caracteristice ale sunetului. Astfel de ex. este stabilit că la o forţă a sunetului de 50 Hz, corespunde 20 db; la 500 Hz, 70 db; la 2000 Hz corespund 90 db; etc. De aceea s-a introdus noţiunea de intensitate efectivă sau echivalentă corespunzătoare gradului de tărie a sunetului de 1000 Hz, ce determină o senzaţie acustică egală.

Pentru a ne da seama aproximativ ce senzaţii de sunete corespund diferitelor grade de pe tabelul cu decibeli, dăm intensitatea medie a cîtorva zgomote obişnuite :

Zgomotul valurilor mici	10-20
Vorbirea curentă	40
Vorbirea zgomotoasă	60
Zgomotul de tramva	70
Zgomotul de automobile	70-90
Vorbirea extrem de zgomotoasă ...	80
Cascada Niagara	85
Sirena vaporului	90-95
Zgomotul unui tren expres	90-100
Zgomotul unui motor de avion	pînă la 130

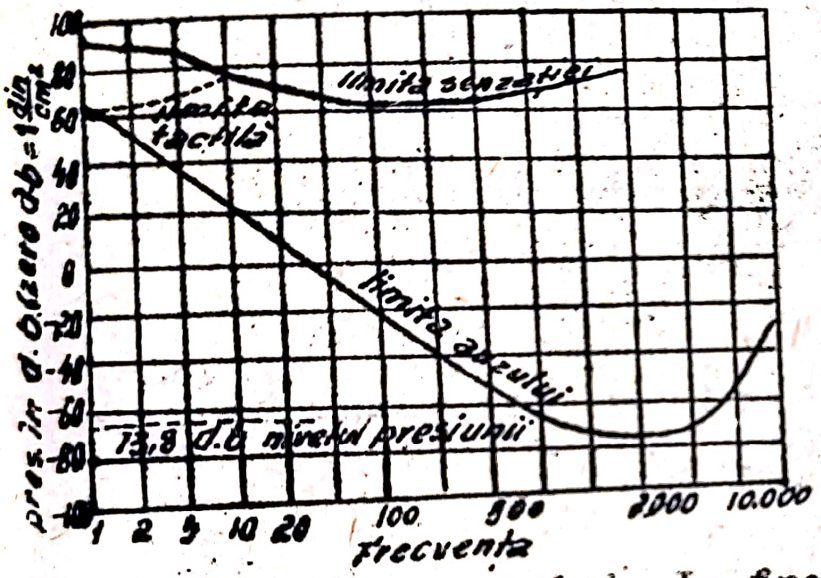
Totuşi tabelul cu decibeli nu poate constitui o bază suficientă pentru aprecierea senzaţiilor subiective de intensitate a sunetului fiindcă nu este întotdeauna proporţionalitate între sunete şi cantitatea de decibeli. De aceea tabelul trebuie considerat azi numai ca unul de ordine logaritmică a forţei sunetului care este peste pragul excitaţiei auditive.

Gradul de nocivitate al unui sunet se determină nu numai prin intensitatea şi înălţimea lui, ci se impune să ţinem seama că în genere sunetele ritmice surmenează mai puţin aparatul auditiv decît cele haotice "stridente", neuniforme ca forţă, sunete ce conţin multe disonanţe.

Pragul senzaţiei de presiune. Pragurile arătate mai sus caracterizează gradul de sensibilitate a urechii la intensitatea minimă a unui sunet o frecvenţă variabilă. Se poate determina pragul pentru intensitatea maximă. Efectuînd creşterea intensităţii sunetului, la un anumit nivel apare în ureche o senzaţie particulară de presiune poi o senzaţie dureroasă.

Nivelul intensităţii unui sunet la ca

zaţia auditivă se transformă în senzaţie tactilă, determină pragul de intensitate maximă, numit şi prag de senzaţie a presiunei. Caracterul senzaţiilor se schimbă în acest caz în funcţie de frecvenţa sunetului şi de individul care percepe. La frecvenţe joase se simt clar vibraţii care se suprapun sunetului. In cazuri izolate se observă ameţeală, probabil ca o consecinţă a excitării canalelor semicirculare. Sunetele înalte pot provoca o senzaţie asemănătoare unei dureri acute. Pragul senzorial la presiune corespunde unei sonorităţi a sunetului de 120 db.



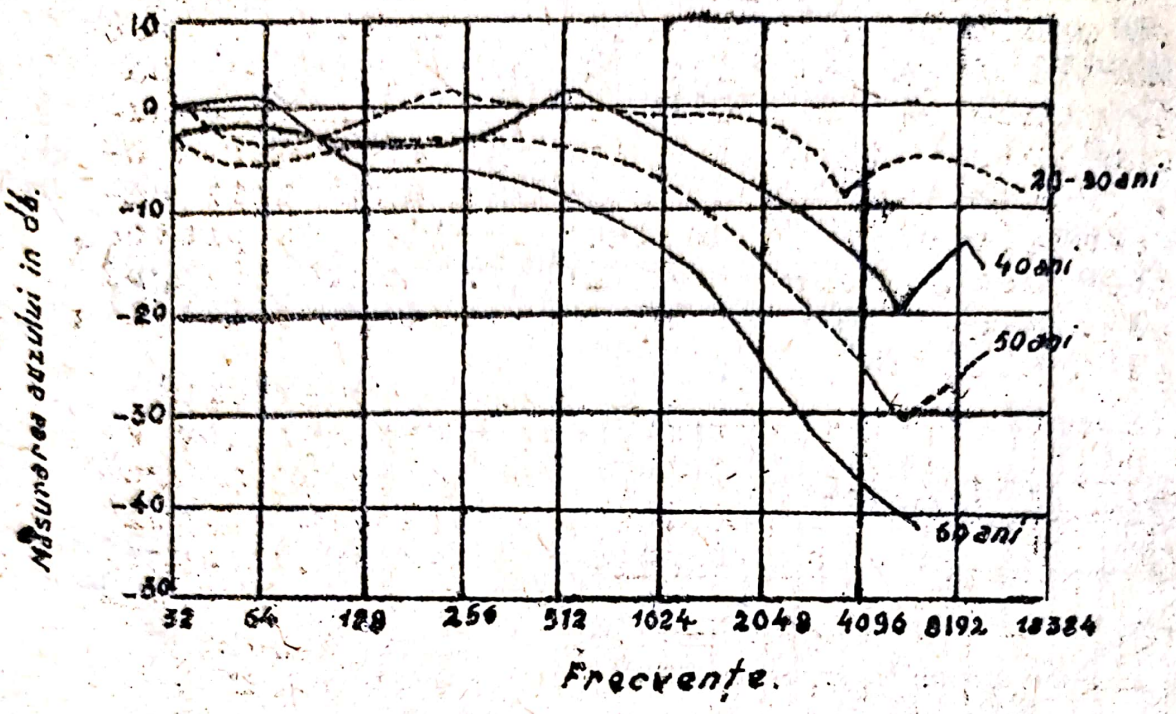
Caracterul senzaţiilor apărute în ureche în timpul acţiunei sunetelor cu frecvenţă joasă (sub 50 Hz.) sînt pur auditive, o senzaţie tactilă particulară a cărei caracter se modifică în funcţie de frecvenţa şi intensitatea sunetului. La frecvenţe foarte joase se obţine o senzaţie tactilă foarte asemănătoare senzaţiei de compresiune a pielei. La frecvenţe mai înalte (10 Hz.) apare o senzaţie de junghi în ureche care se transformă ulterior în senzaţie de gîdilat, apoi de prurit şi o senzaţie acută de arsură.

Exprimînd pragul senzorial al presiunei în bare, se vede că acesta este egal cu cca. 1000 de bare sau 1 g/cm^2, adică este foarte apropiat de pragul senzorial de compresiune a pielei.

Intre pragul acustic şi pragul senzorial la presiune se află regiunea percepţiilor auditive în interiorul căreia se află senzaţii de la 20 la 20.000 Hz. de o intensitate diferită, perceptibile de o ureche umană normală.

Sensibilitatea acustică variază de asemenea foarte mult cu vîrsta, ea fiind mică în tinereţe, dar spre bătrîneţe scade sensibilitatea mai ales

pentru tonurile cu frecvenţe înalte (peste 1000 Hz) iar cele inferioare aproape nu se modifică.



3. Timbrul

Urechea percepe cu uşurinţă faptul că sunete cu aceiaşi înălţime posedă caractere diferite după sursa care le emite : pian, vioară, laringe, etc. Această calitate specifică fiecărui mod de emisie, constituie timbrul. Timbrele diferite ţin de complexitatea vibraţiilor sonore şi în ultima analiză de numărul componentelor sinusoidale ale vibraţiilor.

Unele surse sonore (diapazonul) dau vibraţii simple şi în acest caz urechea percepe un sunet unic, moale şi fără strălucire. Însă cel mai adesea corpurile vibrează astfel încît unda sonoră este constituită din combinarea mai multor unde elementare şi care la rîndul lor, provin din mişcările de care sînt animate unele părţi ale corpului sonor. Toate acestea la un loc dau timbrul specific fiecărui instrument.

Cu alte cuvinte, ceea ce determină timbrul unui sunet este spectrul vibraţiilor respective.

Din p.d.v. al compoziţiei spectrale, cele mai simple sînt vibraţiile sinusoidale. Aproximativ, o astfel de vibraţie produce diapazonul. Sunetul compus dintr-o singură vibraţie sinusoidală se numeşte ton.

Urechea este capabilă să aprecieze prezenţa şi

importanţa relativă a tonurilor ce compun un sunet şi percepe astfel timbrul. Cu ajutorul lui percepem deosebirile dintre o vocală şi consoană, consoanele şi vocalele între ele, zgomotul de sunetul muzical, etc., ba mai mult putem recunoaşte pentru o aceiaşi melodie, vocea unui artist sau altuia. Acest fapt, prin posibilitatea de a reproduce un sunet cu ajutorul fonografului, ne demonstrează că forma vibraţiilor epuizează toate calităţile unui sunet.

Prezenţa armonicilor dă o coloraţie particulară sunetului, făcîndu-l mai mult sau mai puţin plăcut. De ex. un ton muzical simplu nu este prea plăcut. Cînd tonul este însoţit de armonice de ordin mic, rezultă un sunet muzical plăcut colorat iar prezenţa armonicelor de ordin superior lui 6, introduce disonanţă în sunetul considerat a cărei cauză pare a fi în primul rînd existenţa acordurilor nepotrivite între vibraţiile sinusoidale componente.

Senzaţia de disonanţă creşte şi mai mult dacă sunetul fundamental şi armonicele inferioare sînt slabe faţă de armonicele superioare sau lipsesc. Chiar în cazul simplu a două tonuri, lipsa fundamentalei micşorează consonanta. Disonanţa mai apare şi prin lipsa primelor armonici. Aşa este mai plăcută octava decît cuinta şi cuinta decît cuarta, cuarta este mai plăcută decît terţa majoră şi aceasta decît terţa minoră situată la limita consonanţei. Această deosebire în acţiunea acordurilor se explică astfel: în cazul octavei prezenţa armonicei nu face decît să schimbe forma de vibraţie fără a schimba perioada ei prezentă în sunet ca fundamentală. In cazul cuintei starea de vibraţie rezultantă se reproduce după două perioade ale vibraţiei de frecvenţă mai joasă şi după trei perioade ale vibraţiei cu frecvenţă mai mare. Fenomenul periodic rezultant are frecvenţa pe care nu o are nici o componentă armonică a sunetului muzical. In cazul cuartei, perioada este de trei ori mai mare decît a sunetului jos şi de patru ori mai mare decît a celui mai înalt şi a.m.d. Perioada fenomenului rezultant devine din ce în ce mai îndepărtată de perioadele componentelor ori urechea pare să nu aibă memorie suficientă pentru a urmări perioada fenomenului de formă complicată, mai cu seamă atunci cînd această perioadă nu este reprezentată sub forma de perioadă a unei vibraţii sinusoidale componente.

Scanned with OKEN Scanner

Limita urechei de a memoriza este dată de terţa minoră în care perioada fenomenului este de cinci ori mai mare decît a tonului component cel mai de jos.

Că urechea recurge la memorie şi are dificultăţi în această privinţă ne spune şi constatarea că ea apreciază foarte bine intervalele muzicale unde nu are nevoie de eforturi mari de memorie şi că această apreciere scade pe măsură ce efortul de memorie este mai mare. Se apreciază astfel cu mare precizie octava, foarte bine cuinta şi cuarta, bine terţa majoră şi minoră, binişor cele două tonuri, slab tonurile, semitonurile şi foarte prost intervalele date de numere mai mari, unde deosebirea dintre perioada fenomenului şi perioadele componentelor este şi mai mare. Deci, odată cu creşterea prea mare a perioadei fenomenului oscilant, senzaţia de disonanţă se măreşte. Dacă perioada devine prea mare, chiar dacă sunetul constă numai din vibraţii cu frecvenţe ca numere raţionale între ele, senzaţia de consonanţă dispare şi percepem un zgomot (de ex. dacă facem să sune cele 7 corzi ale unei octave la un pian acordat în ton major, perioada fenomenului fiind egală cu 24 perioada ale tonului do). Deci trecerea de la un sunet muzical la un zgomot se face în mod continuu şi se poate realiza numai cu fenomene periodice. Cu atît mai mult ne dau senzaţia de zgomot fenomenele vibratorii neperiodice, componentele sinusoidale care nu ne dau prin raporturile frecvenţelor numere raţionale.

Disonanţa pare provocată mai curînd de absenţa armonicelor de ordin mic decît de prezenţa unui acord nepotrivit între componente. De ex.:

In acordul major : do mi sol do

şi în cel minor : do mi_b sol do

sînt aceleaşi intervale muzicale, adică terţa majoră, terţa minoră şi cuarta. Totuşi, acordul minor sună mai puţin plăcut, are o notă melancolică. Din p d.v. al frecvenţelor deosebirea constă în aceia că perioada fenomenului este egală în primul caz cu 4 perioade ale notei do, cu 5 ale lui mi, cu 6 ale lui sol şi cu 8 ale lui do din celălalt capăt al acordului; în celălalt caz perioada este egală cu 10 perioade ale lui do, cu 12 ale lui mi_b; cu 15 ale lui sol şi cu 20 ale lui do.

In primul caz, memoria aparatului nostru audi-

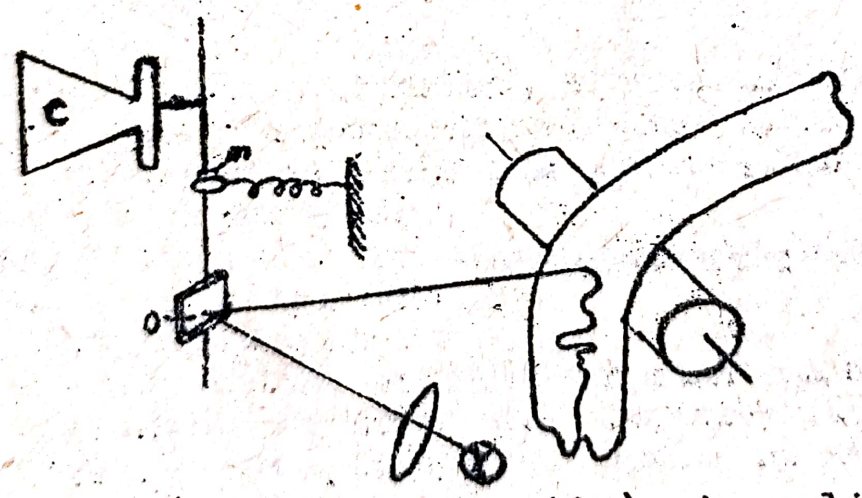
tiv trebuie să cuprindă un număr mai mic de perioade ale componentelor, lucru care nu este prea greu şi rezultă astfel senzaţia plăcută de consonanţă. In cazul al doilea, efortul este mult mai mare şi astfel senzaţia de consonanţă apare mai slabă. Atragem atenţia că dacă pe lîngă şirul de tonuri ce dau un acord, se mai adaugă şi tonul fundamental, senzaţia de consonanţă se măreşte. De data aceasta pe lîngă intervalele muzicale prezente în acordul iniţial, se adaugă şi tonul care are perioada fenomenului compus. Urechea nu mai are nevoie să recurgă acum la memorie.

Aceste fapte întăresc părerea că urechea descompune un fenomen periodic în armonice şi le percepe pe acestea şi nu fenomenul periodic general în ansamblul său.

Pentru a caracteriza obiectiv timbrul unui sunet, vibraţiile sonore compuse trebuiesc descompuse în componentele armonice; trebuie deci să se determine spectrul vibraţiilor respective. O astfel de descompunere se face folosind fenomenul de rezonanţă.

Analiza sunetelor.

Analiza sunetelor sau aflarea tonurilor armonice simple care compun sunetul complex, adică găsirea spectrului lui, se poate face cu ajutorul rezonatorilor lui Helmholtz. Rezultate mai precise se obţin prin înregistrarea



sunetului (mecanic sau optic) şi analiza ulterioară a curbelor. Inregistrarea se poate face şi astfel :

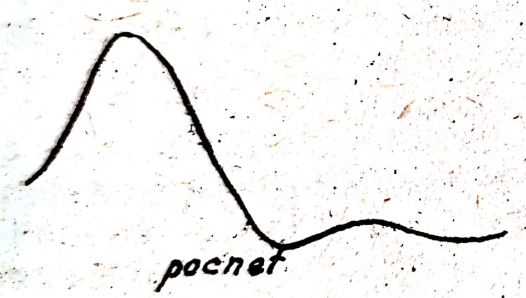
Vibraţiile cornetului acustic (C) pun în oscilaţie lama de mică (m), care, prin intermediul unui fir de mătase mişcă o oglindă (o) pe care se proiectează un fascicul luminos şi care apoi se reflectă şi ajunge pe o hîrtie sensibilă în mişcare.

Pe baza considerării formei curbe şi a spectru-

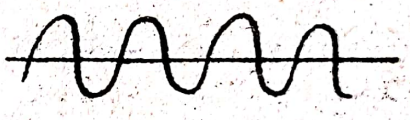
lui, putem distinge :

a-tonuri muzicale (sunete) ce sînt caracterizate printr-o mişcare ondulatorie periodică sau apropiată de cea periodică ce se prezintă printr-un spectru cu linii. In cazul unei forme pur sinusoidale a oscilaţiilor, sunetul se numeşte ton simplu.

b-şocuri sonore (impulsuri) ce sînt excitări de scurtă durată, cu un caracter neperiodic şi avînd spectrul continuu. Ele se produc la explozii, descărcări electrice sau la ciocnirea de corpuri solide, lovituri de scurtă durată executate asupra timpanului de vibraţii brusce de presiune.

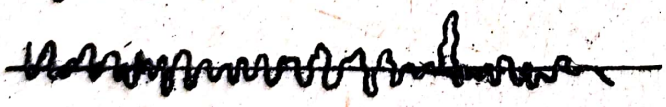


pocnet



sunet simplu

c-zgomote sau sunete prelungite, caracterizate prin desfăşurarea dezordonată, complet neperiodică a mişcării ondulatorii. Ele sînt provocate de suprapunerea unui număr mare de impulsuri sau de deplasarea lor desordonată în masă comună cu un număr mare de diverse sunete simple cu caracter tonal. Sunetele au formă de oscilaţie complexă, în care nu putem descoperi nici o lege de formare.



Reproducerea sunetelor

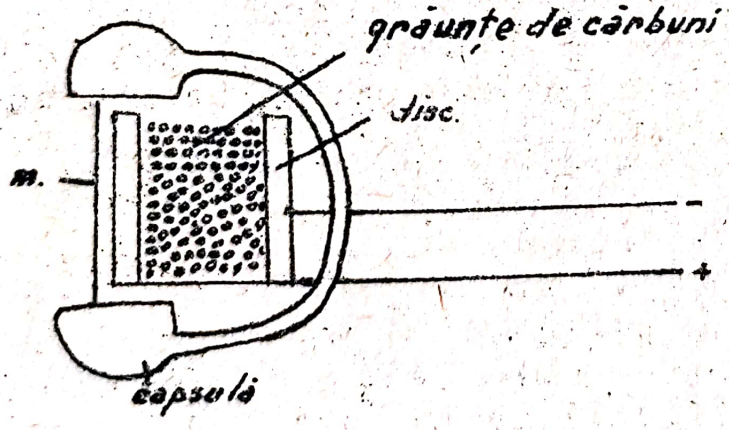
Gramofonul. Inregistrarea se face fixînd pe o placă metalică care începe să vibreze sub acţiunea undelor aeriene ce se produc, un ac metalic. Vîrful ascuţit al acului vibrînd şi el sincron cu placa, produce şanţuri mai mult sau mai puţin adînci, în

formă de spirală pe un disc de ceară specială. Cu ajutorul electrolizei se face după discul de ceară o copie metalică, matriţa, după care se reproduc apoi discurile de ebonit sau cauciuc. Pentru reproduce sunetul, trebuie să se pună placa de ebonit sub acul gramafonului care este legat tot de o placă metalică elastică (membrana). Făcînd ca placa să se învîrtească, acul mişcîndu-se pe brazdele înregistrate, redă toate vibraţiile ce le-a făcut acul la înregistrare. Aceste vibraţii transmise de la ac la membrană, ajung mai departe într-o pîlnie ce are drept scop întărirea sunetului.

Astăzi gramofoanele sînt complet înlocuite cu nişte aparate portative şi montate în geamantane numite patefoane.

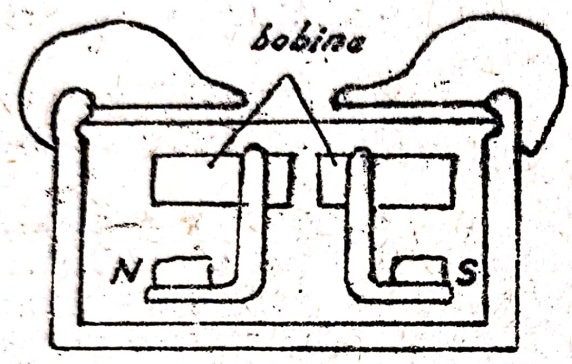
Condiţia unei reproduceri exacte a sunetelor este mişcarea uniformă a discului gramafonului, adică mişcarea plăcii să se facă cu aceiaşi viteză cu care s-a reprodus sunetul (78 tururi pe minut).

Microfonul. Un alt mijloc de a înregistra sunetele este acela al microfonului care se bazează pe principiul că oscilaţiile sonore pot fi transformate în oscilaţii electrice. Cel mai simplu microfon este cel cu cărbune, format dintr-o diafragmă (m) de cărbune întinsă peste o cutie rotundă (capsula). In spatele diafragmului se află un disc de cărbune izolat de capsulă. Spaţiul dintre acest disc şi diafragm este umplut cu granule de cărbune. Intreg microfonul este conectat cu circuitul unei pile astfel ca un pol să fie pus în legătură cu diafragmul, celălalt cu discul. Deci, curentul trece de la diafragm spre disc prin stratul de granule de cărbune. Sub acţiunea undelor sonore, granulele sînt supuse periodic unei presiuni variabile datorită vibrării membranei, care vibrează în funcţie de undele sonore produse de un individ. Granulele comprimîndu-se mai mult sau mai puţin, fac ca şi rezistenţa electrică a micro-



fonului să varieze periodic şi în consecinţă şi intensitatea curentului care-l traversează; se produce astfel un curent continuu, modulat de frecvenţa sonoră.

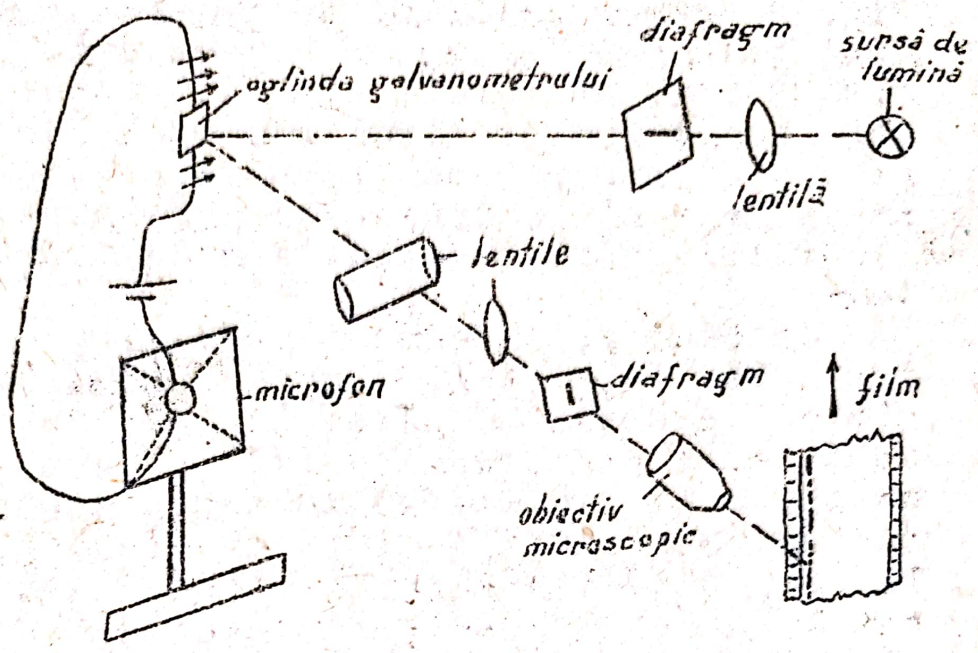
Recepţionarea sunetelor din microfon se poate face cu ajutorul telefonului (tele - departe; fon - sunet) dintre care cel mai obişnuit este telefonul electromagnetic care este constituit dintr-un magnet permanent, puternic, pe polii căruia se îmbracă două bobine legate în serie între ele. Deasupra polilor se găseşte o membrană foarte subţire (0,1 mm) de fier moale. Această membrană este prinsă într-o pîlnie de ebonită. Electromagnetul este conectat în circuit cu microfonul. Orice variaţie a intensităţii curentului datorită vibraţiilor membranei microfonului, face să fie atrasă mai slab sau mai puternic membrana telefonului care astfel vibrează producînd sunete. Vibrînd la unison cu membrana microfonului, ea va reda exact cuvintele de acolo.



Sunetele se mai pot reproduce şi altfel şi anume prin mijlocul cinematografului sonor, unde pe marginea filmului se găseşte o panglică cu tot felul de dungi, mai fine sau mai groase, mai albe sau mai întunecate, tremurate sau limpezi. Această panglică reprezintă înscrierea sunetelor. Să vedem cum se face această înscriere : de la o sursă luminoasă o parte din raze sînt concentrate cu ajutorul unei lentile şi a unui diafragm, pe oglinda unui galvanometru cu coardă. Oglinda solidară cu cadrul prin care trece curentul electric, vibrează sub influenţa curenţilor variabili trimişi de un microfon.

Aceste vibraţii luminoase reflectate printr-o lentilă cilindrică (avînd drept scop de a strînge lumina într-o direcţie) şi o a doua lentilă sferică (concentrează mănunchiul), se strecoară printr-o deschizătură lunguiaţă, într-un obiectiv microscopic ce reduce banda de lumină la o lungime de 1,8 mm şi o lăţime de 0,02 mm şi o îndreaptă întărită a-

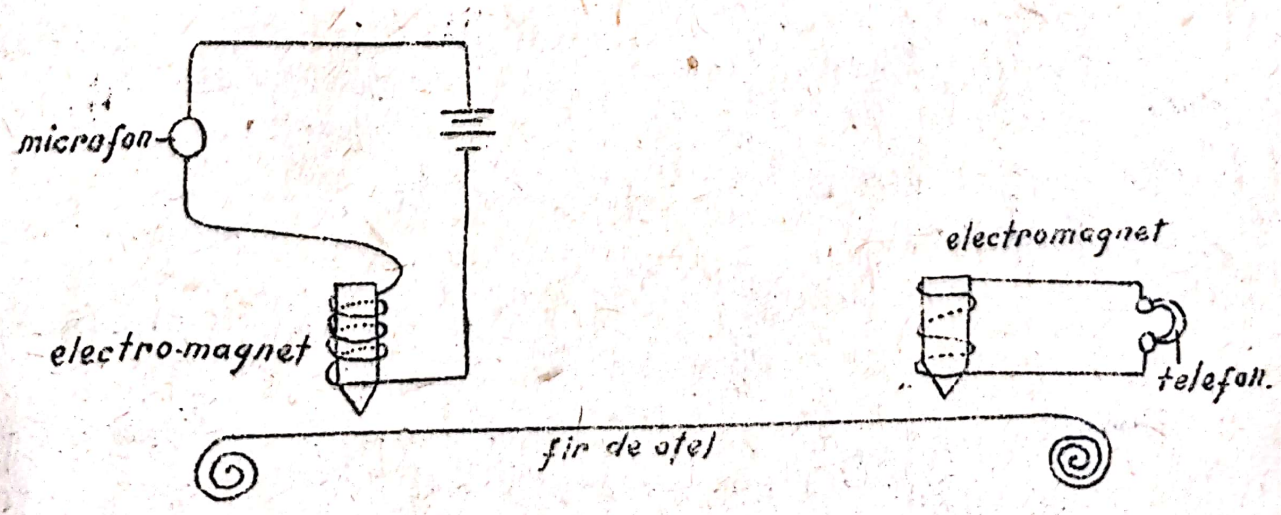
rită spre marginea filmului sensibil în mişcare Toate variaţiile de sunet, schimbate în variaţii de lumină sînt astfel fotografiate.



Reproducerea sunetelor se face tot aşa de uşor. Lumina mai slabă sau mai intensă trece la o celulă fotoelectrică ce transformă variaţiile de intensitate luminoasă în variaţii de curent. Aceste variaţii de curent electric sînt amplificate prin lămpi electronice şi transformate în sunet cu ajutorul difuzorului.

Magnetofonul a fost descoperit în 1895 de danezul Paulsen, însă a fost pus la punct în 1940.

Principiu : variaţiile sonore sînt transformate de microfon în variaţii de intensitate în circuitul electric, iar acestea sînt amplificate. Într-o bobină curentul creează un cîmp magnetic variabil care magnetizează variabil o piesă de oţel numită cap de magnetizare care este alcătuită dintr-un electromagnet inelar cu o fantă foarte subţire. Dacă în faţa capului de magnetizare se desfăşoară cu o viteză destul de mare un fir de oţel sau o bandă de



oţel, fiecare regiune elementară care trece prin faţa electromagnetului se magnetizează diferit (mai puternic pentru un curent mai intens şi mai slab pentru un curent slab). Numărul de magnetizări ce se fac pe firul sau banda de oţel pe o lungime ce trece în sec. prin faţa capului de magnetizare, reprezintă frecvenţa sunetului.

Firul fiind de oţel, magnetizarea este remanentă.

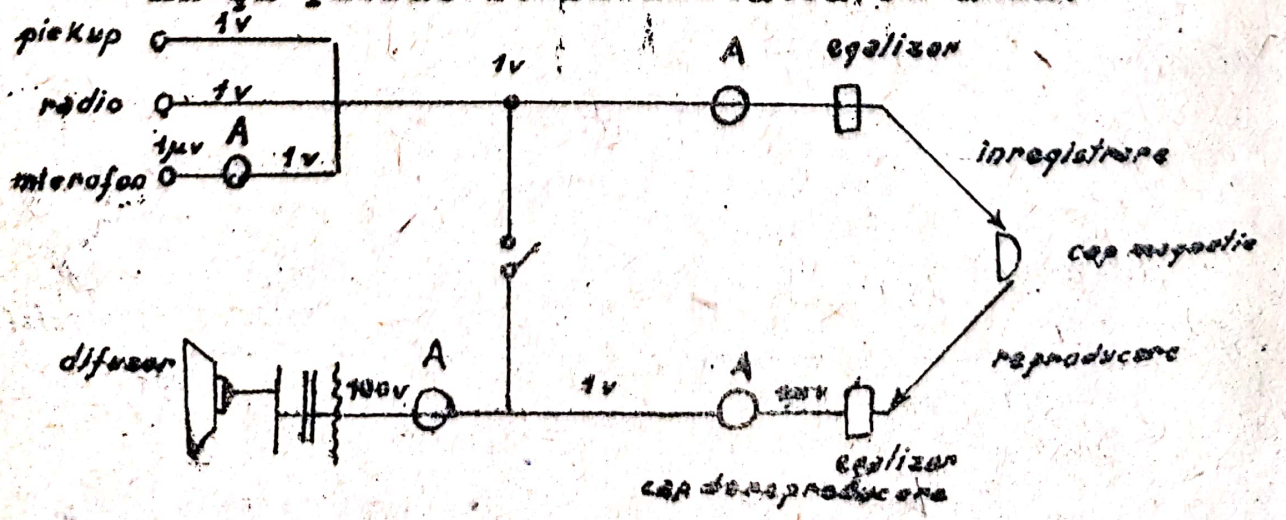
Trecînd apoi firul de oţel pe care am înregistrat prin faţa altui magnet numit cap de citire, cîmpul magnetic al acestuia variază în fiecare moment, după cum trece prin faţa magnetului o regiune mai mult sau mai puţin magnetizată a benzii. Variaţia intensităţii cîmpului magnetic dă naştere la curent de inducţie în bobina care înconjoară magnetul. Acest curent cu intensitate şi frecvenţă variabilă, este amplificat şi redă în difuzor sunetele.

Stergerea se face trecînd banda prin faţa unui magnet numit cap de ştergere aflat într-un circuit de înaltă frecvenţă care demagnetizează banda, adică anulează înregistrarea.

Actualmente banda este formată dintr-un material plastic cu o lăţime de cca. 1 cm în care se află încorporată o pulbere de oxid de fier (Fe_2O_3 sau Fe_3O_4) într-un strat gros de 15μ.

Avantagii :

- reproducerea este imediată fără vre-o prelucrare;
- banda este foarte rezistentă la uzură;
- se fac decupagii şi montagii;
- calitate sonoră foarte bună;
- tehnica de imprimare, reproducere, etc., este foarte simplă;
- se poate şterge oricînd şi de cîteori vrem;
- nu-şi pierde sensibilitatea cu anii.



Auditia.

Pentru a putea explica modul de propagare a undelor sonore pînă la nervul auditiv, este indispensabil de a arăta schematic constituţia organului auditiv care în mare, se împarte în trei : urechea externă, mijlocie şi internă.

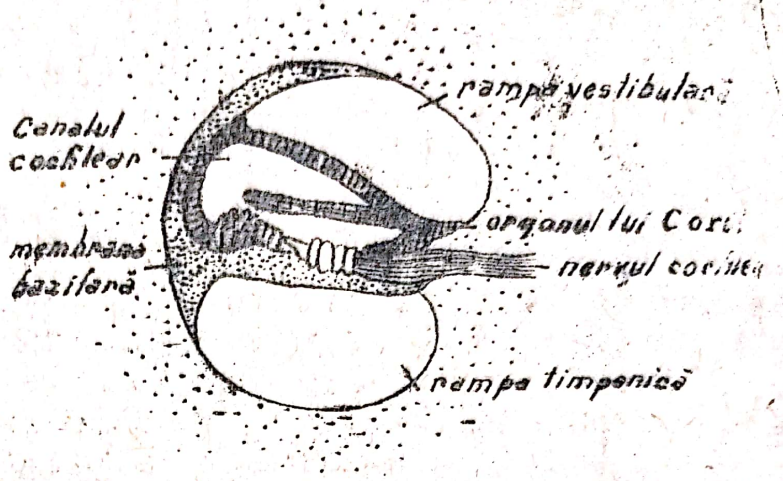
Urechea externă, mobilă la multe animale pentru a se îndrepta spre sursa sonoră, este formată din pavilion şi conductul auditiv extern. La om, pavilionul are o funcţie redusă, totuşi dacă se umple sinuozităţile pavilionului cu ceară moale, auditia este diminuată ca şi facultatea de a localiza sunetul. In schimb dacă se introduce în ureche o pîlnie, auzul este ameliorat. Conductul auditiv extern este un cilindru de 2-3 cm cu un volum total de un cmc. El acţionează ca rezonator pentru sunetele cu o frecvenţă vecină lui 3000 Hz. ceea ce explică faptul că sunetele cu o astfel de frecvenţă produc o impresie penibilă. In fundul conductului se găseşte o membrană numită timpanul, de la care, vibraţiile încep să fie transmise mai ales prin medii solide şi lichide. Timpanul, care face limita de separaţie între urechea externă şi cea medie, este o membrană elastică şi este susceptibilă de a vibra pentru sunete de frecvenţe foarte diferite. Pentru unii autori, starea lui de tensiune creşte progresiv de la periferie la centru, ceeace ce ar permite fiecărei părţi din această membrană să răspundă la o frecvenţă dată. Trebuie să mai adăugăm că muşchii urechii interne (ai ciocanului şi scăriţei) au ca funcţie de a face să varieze această tensiune, fapt care creează un fel de acomodare la diferitele sunete şi astfel un fel de apărare contra vibraţiilor prea intense. In fine, trompa lui Eustache prin comunicarea sa cu cuşca timpanului prin faringe, asigură şi ea egalitatea de presiune pe fiecare dintre feţele acestei membrane, fapt care este o condiţie de sensibilitate optimă ca şi un mijloc de protecţie a timpanului.

Urechea mijlocie este formată din trei osişoare ciocanul, nicovala şi scăriţa, astfel ca vibraţiile sonore să traverseze pe rînd aceste osişoare a căror rol pare a fi de a diminua amplitudinea mişcărilor vibratorii, crescînd variaţiile de presiune. La

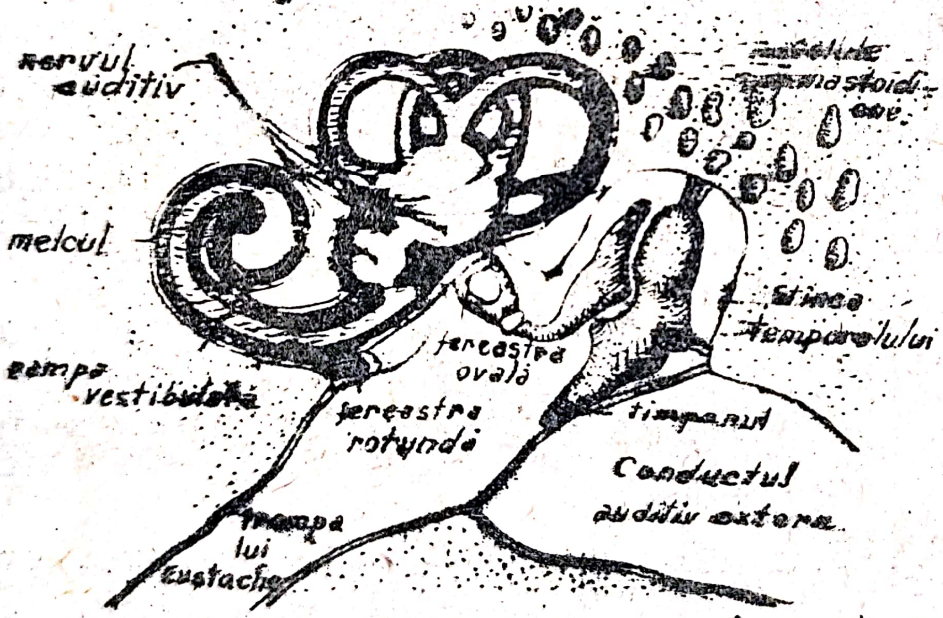
acest scop,modul de articulaţie a acestor oase este astfel,încît mişcările ultimului os (scăriţa)sînt aproape 1/3 din cele ce sînt comunicate la cealaltă extremitate de timpan ciocanului,din cauză că forţele sînt,ca în orice transmisie mecanică,în raport inversă cu deplasările. In realitate,creşterea presiunii pe unitatea de suprafaţă este mai mare din cauză că suprafaţa timpanului care primeşte variaţiile de presiune,are o suprafaţă de 14 ori mai mare decît fereastra ovală care primeşte aceste variaţii, deci sunetul se concentrează aşa că pierderea în mişcare se compenseză,iar intensitatea creşte cam de 10 ori în raport cu cea avută iniţial la nivelul membranei timpanice. Această creştere de intensitate este cu atît mai utilă cu cît vibraţia sonoră creşte dintr-un mediu cu rezistenţă scăzută (aerul),într-un mediu cu rezistenţă şi densitate mare (lichidul urechii interne). Fereastra ovală pe care se sprijină osul scăriţei,separă urechea mijlocie de cea internă. Această transmisie mecanică prin osişoarele urechii,explică surditatea paradoxală : unii surzi pot urmări destul de uşor o conversaţie dacă sînt în tren în plin mers,dacă se bate un tambur lîngă ei, etc.,într-un cuvînt ori de cîte ori urechea este în acelaşi timp zdruncinată de vibraţii energice.Această surditate este datorită unei diminuări a mobilităţii lanţului de osişoare ce nu pot fi puse în vibraţii decît de mişcări vibratorii energice.Cînd inerţia acestui lanţ este înlăturată,urechea devine aptă de a răspunde în afară de asta,la impulsurile slabe pe care le primeşte din partea vibraţiilor aeriene provocate de vocea umană.

Urechea internă are mai multe cavităţi,dintre care pe noi ne interesează numai labirintul.Labirintul este constituit dintr-o cavitate în formă de cochilie de melc umplută cu lichid (endolimfa). Pe lîngă fereastra ovală,urechea internă mai comunică şi cu fereastra rotundă ce pare a avea rolul de a permite lichidului labirintic închis într-o cavitate rigidă,să intre în vibraţie. In structura complexă a melcului trebuie să reţinem următoarele : acesta prezintă în regiunea sa mijlocie o cloazonare longitudinală (membrană bazilară) ce împarte astfel cavitatea melcului în două : o rampă vestibulară, superioară (ce ajunge la fereastra ovală) şi rampa

timpanică, inferioară (ce ajunge la fereastra rotundă). Aceste două rampe comunică între ele la vîrful cochiliei prin orificiul numit helicotrema.



Pe membrana bazilară se sprijină mici arcuri, așezate unele lîngă altele, ce au dimensiuni ce merg crescînd regulat dela baza spre vîrful melcului și care poartă numele de organul lui Corti. In apropierea acestui organ a lui Corti și în intimitatea membranei bazilare, se termină ramificațiile fine ale nervului auditiv. Din această cauză trebuie să se localizeze în această regiune, originea senzațiilor auditive.



Teoriile auditiei. S-au emis mai multe teorii, dintre care, cea mai cunsocută aparține lui Helmholtz, teorie care deși nu este lipsită de obiecțiuni serioase, are meritul de a fi interpretat în modul cel mai coherent faptele experimentale, fiind și cea mai satisfăcătoare din p.d.v.fizic. Teoria poartă numele de teoria rezonanței.

După Helmholtz, există în urechea internă un sistem susceptibil de a vibra la o frecvență determinantă și care funcționează astfel ca un veritabil rezonator. Autorul a crezut întîi că organul

Corti ar servi drept rezonator, însă cînd s-a văzut că unele animale (păsările şi reptilele) nu au acest organ, s-au incriminat fibrele radiale ale membranei bazilare că au proprietatea de a vibra sincron cu diferitele sunete elementare.

Sunetele mai înalte sînt percepute în regiunea de bază a melcului unde membrana bazilară este mai îngustă, iar sunetele mai joase la vîrful membranei.

Teoria a primit un sprijin clinic serios căci excitînd îndelung urechea cu o anumită frecvenţă înaltă şi intensitate traumatizantă, se constată localizarea leziunei degenerative a organului lui Corti în spiralele inferioare ale melcului şi la frecvenţele joase la vîrful lor.

Teoria rezonanţei prezintă însă şi unele nepotriviri : astfel intrarea în rezonanţă a organului lui Corti pentru cele 10 octave audibile, dela 20 la 20.000 Hz., presupune o modificare considerabilă a elasticităţii membranei bazilare, precum şi modificări în intensitate la diferite frecvenţe.

Pentru a înlătura aceste dificultăţi în aplicarea teoriei rezonanţei, Fletscher (1930) admite că în timpul producerii sunetului, vibrează nu numai fibrele care intră în rezonanţă la frecvenţa dată, ci şi alte fibre al membranei bazilare, precum şi lichidul aflat în melc.

Rezonanţele maxime se distribuie după această teorie, de-a lungul membranei bazilare, în funcţie de frecvenţa sunetului excitant. Senzaţia auditivă este determinată însă de locul de amplitudine maximă a membranei bazilare.

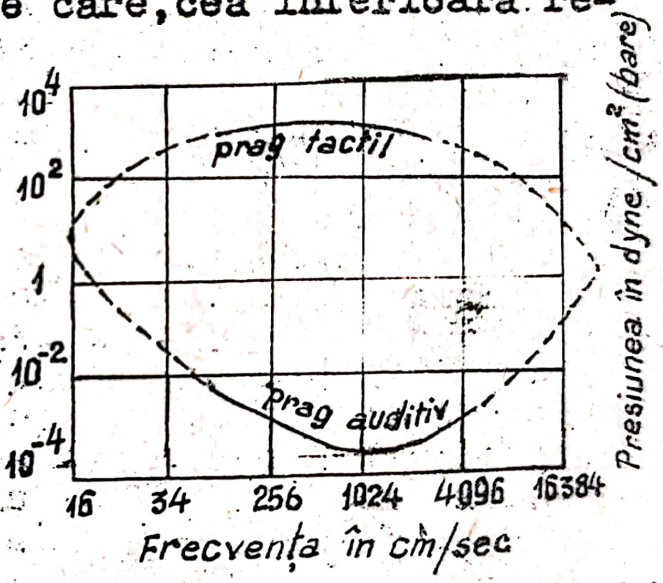
Acuitatea auditivă. După cum am mai văzut, sensibilitatea urechii depinde de frecvenţa vibraţiilor şi anume maximum de sensibilitate corespunde la o frecvenţă de 2000-2500 Hz. cînd urechea poate aprecia o variaţie de presiune de ordinul 10^{-9} atm. sau de $7,6 \cdot 10^{-7}$ mm.Hg. Energia mecanică minimă susceptibilă de a da pragul unei senzaţii auditive corespunde unei amplitudini de variaţie a presiunei de 4.10^{-7} mm.Hg. S-a mai constatat că surplusul de intensitate necesar pentru a produce o creştere minimă a senzaţiei auditive, este proporţional cu intensitatea primitivă, lege care însă este exactă numai pentru intensităţile mijlocii.

Notînd cu dI creşterea intensităţii (I) ce dă o variaţie de senzaţie net perceptibilă, se obţine :

$$\frac{dI}{I} \doteq 0,1$$

Am mai văzut că vibraţiile transmise urechii nu dau senzaţii de sunete decît dacă frecvenţa lor este cuprinsă între 20 şi 20.000 Hz. Sub 20 Hz undele aeriene sînt percepute individual ca o serie de şocuri succesive, în timp ce limita superioară depinde de persoană. Deasupra lui 4000-5000 Hz., urechea nu mai este capabilă de a deosebi diferenţele de înălţime, din care cauză, nu se utilizează în muzică decît sunetele cuprinse între 40 şi 4000 Hz. Astfel, pentru frecvenţa de 2-3000 Hz., pragul este de 10^{-6} ergi/cm^2/sec. La frecvenţe mai mari sau mai mici, pragul scade.

Figura alăturată ne arată o diagramă constituită din două curbe, dintre care, cea inferioară reprezintă pragul minim al senzaţiei auditive, iar cea superioară, maximum de senzaţie definit ca limita de la care o creştere a amplitudinei vibratorii nu mai este percepută ca o creştere a senzaţiei, ci ca un zgomot neplăcut urechii.



Se constată că depărtarea dintre cele două limite creşte brusc, de o parte şi de alta a maximului de sensibilitate vecin frecvenţei de 2000 Hz. Pentru sunetele extreme, variaţiile de intensitate a senzaţiei acustice sînt foarte reduse.

In fine, s-a mai constatat că impresia muzicală necesită ca sunetul să dureze un timp oarecare. Durata minimă este aceiaşi pentru toate frecvenţele şi anume de 1/40 pînă la 1/100 dintr-o secundă, după cum urechea este mai mult sau mai puţin exersată.

S-a putut stabili o scară a senzaţiilor sonore şi anume deoarece senzaţia creşte cu logaritmul excitaţiei, vom avea între senzaţiile E_1 şi E_2 şi intensităţile vibratorii corespunzătoare I_1 şi I_2 la nivelul organului auditiv, următoarea relaţie:

$$E_2 - E_1 = C.\log \frac{I_2}{I_1}$$

formulă în care C este o constantă care determină scara întrebuinţată

Dacă luăm C egal cu unitate şi dacă utilizăm logaritmii zecimali, nu ne va rămîne decît să definim intensitatea vibratorie aleasă ca bază, pentru ca orice senzaţie sonoră să fie reprezentată prin cifre.

Scara senzaţiilor audibile şi inferioare unei senzaţii dureroase, este foarte întinsă. Surditatea manifestîndu-se prin creşterea pragului de audiţie, se va putea exprima în decibeli. Iată un tabel cu diferitele etapé ale surdităţii progresive :

Natura şi distanţa vocii	Valoarea surdităţii
Vocea obişnuită la 2,65 m	40 db.
" 1,21 m	50 db.
" 0,30 m	60 db.
Voce strigată " 0,60 m	70 db.
" 0,20 m	80 db.
" 0,05 m	90 db.

Audiometria. Acuitatea auditivă s-a determinat şi încă se mai determină, deşi procedeul nu este prea exact, cu ajutorul unei surse sonore date (de ex. un ceasornic) care se depărtează mai mult sau mai puţin de urechea examinată. Cunoscînd distanţa de la sursă la ureche, prin comparaţie cu indivizi normali, ne putem da seama de gradul de surditate. actualmente se utilizează şi un alt procedeu, care deşi nu este aşa de simplu, este însă mult mai exact (nişte aparate de T.F.F. care nu sînt altceva decît generatoare cu lămpi ce produc sunete pure, adică lipsite de armonice şi a căror intensitate poate fi variată după voinţă cu ajutorul unui montaj potenţiometric). Individul de cercetat primeşte sunetele prin intermediul unui haut - parleur, în care caz trebuie să avem grijă de fenomenele de reflexie şi difracţie a undelor sonore din cameră, care trebuie să fie astfel bine capitonată; cel mai bine, determinarea se poate face prin intermediul unei căşti de telefon, la care cască fenomenele amintite mai sus nu joacă nici un rol. Trebuie să avem însă grijă de zgomotele exterioare. Se determină astfel în beli, pragul audiţiei pentru un anumit număr de frecvenţe şi se construieşte apoi o curbă numită

audiogramă ce poate diferi mai mult sau mai puţin faţă de cea a individului normal, arătată mai sus. Deoarece urechea este foarte sensibilă la variaţii de ordinul decibelului, aceste curbe pot fi construite cu o precizie destul de mare, existînd însă totuşi mari variaţii în sensibilitatea urechii fără nici o tară patologică. Intre frecvenţele de 32 şi 2048 Hz., se poate observa chiar diferenţe ce ating 35 db. la subiecte considerate normale, de unde se deduce că este mult mai greu de a determina dacă o ureche este normală sau nu, în comparaţie cu determinările oculare.

Cînd subiectul examinat nu aude un ton oarecare chiar în caz de întărire a acestuia pînă la pragul senzorial de presiune, avem de a face cu o pierdere deplină (100%) a auzului pentru frecvenţa dată. Dacă tonul se percepe numai atunci cînd intensitatea lui creşte pînă la jumătatea distanţei dintre pragul acustic şi pragul senzorial de presiune, avem o pierdere de 50% pentru acest ton. In timpul examenului auditiv se observă uneori regiuni izolate de frecvenţă pentru care urechea rămîne insensibilă. Acestea sînt aşa zise goluri auditive sau lacune, între care se află regiuni de sensibilitate normală sau insulele auditive. In majoritatea cazurilor, în regiunile golurilor auditive nu există o pierdere absolută a sensibilităţii, ci una relativă, întrucît în caz de întărire a sunetului apare şi senzaţia auditivă.

Pentru a ne da seama de diversele afecţiuni ale urechii, pe lîngă acuometrie se mai utilizează larg următoarele probe :

- Proba lui Weber compară percepţia osoasă simultan la ambele urechi. Pentru aceasta se procedează astfel: se aplică mînerul unui diapazon în vibraţie, pe vertex (creştetul capului). La un individ normal, tonul trebuie auzit în cap. Dacă există un obstacol unilateral situat într-un segment oarecare al aparatului de transmisie, sunetul va fi auzit mai tare sau mai prelungit, în urechea cu obstacolul. Dacă există o deficienţă unilaterală a urechii interne, sunetul va fi auzit mult mai bine de urechea sănătoasă.

- Proba Rinne compară percepţia aeriană cu cea osoasă, de aceeaşi parte : diapazonul pus în vibra-

ţie,este aplicat pe mastoidă. Pacientul semnalează momentul cînd nu mai aude sunetul,după care, diapazonul este aşezat în faţa urechii de aceiaşi parte,cînd individul trebuie să mai audă vibraţiile,ceea ce înseamnă că în mod normal,transmisia aeriană este mai bună decît cea osoasă.

- Proba Schwabach compară percepţia osoasă cu cea normală (de ex:cu cea a examinatorului care durează cca.20 sec.). Diapazonul aplicîndu-se pe mastoidă,se notează în secunde timpul cît este auzit şi apoi se compară cu normalul.

Ameliorarea auzului. Se întrebuinţau înainte cornetele acustice. Astăzi sînt aparatele electroacustice de diferite construcţii,care însă sînt în principiu de două categorii,ambele posedînd ca elemente esenţiale un microfon,un amplificator,un receptor telefonic,baterii electrice de alimentare, conductori.

In aparatele de tip mai vechi se foloseşte microfonul de cărbune,amplificatorul fiind de obicei un dispozitiv de transformare care ridică intensitatea vibraţiilor la puterea necesară unei bune auditii,dar ridică în acelaşi timp şi frecvenţa,sunetele mai înalte fiind astfel percepute mai uşor decît cele joase,la aceiaşi intensitate.

Aparatele moderne au amplificatoare cu tuburi electronice şi microfonul cu cristal piezoelectric. Ele sînt mult mai sensibile şi au reproducerea foarte fidelă. Progresele realizate la confecţionarea lămpilor electronice de format foarte mic, au contribuit la ameliorarea randamentului şi la micşorarea formatului şi a greutăţii aparatelor. Aparatul este purtat în buzunar cît mai aproape de ureche,iar receptorul cu membrana elastică poate fi aplicat în pavilionul urechii sau după mastoidă în rama ochelarilor. Vibraţiile fiind transmise astfel,fie aerian (prin conductul auditiv extern, la timpan),fie osos (prin oasele din jurul urechii, la urechea mijlocie). Conducerea osoasă depinde de anumiţi factori : aşezarea şi presiunea exercitată de sistemul vibrator asupra mastoidei,grosimea pielii,suprafaţa capului,etc.

Receptorii cu transmiterea sunetului amplificat prin aer sînt în general de tip electromagnetic şi sînt indicaţi la bolnavii cu tulburări ale urechii interne.

Tipul de aparate cu conducere osoasă şi aeria-

nă se utilizează cînd urechea medie funcţionează defectuos.

Aparatele cu conducere osoasă sînt utilizabile numai în cazul unei conduceri osoase normale.

Efectul biauricular. Observaţiile ne arată că omul poate determina direcţia de propagare a undelor sonore şi să aprecieze astfel direcţia în care se află sursa sonoră. Această proprietate a auzului este condiţionată de faptul că organul auditiv este dedublat; din această cauză ea poartă numele de efect biauricular întocmai după cum localizarea unei surse optice decurge din vederea bioculară. Dar pe cînd la văz,un singur ochi ne dă direcţia sursei şi ambii ochi pot permite aprecierea distanţei,aci este nevoie de ambele urechi simultan pentru a afla direcţia şi această imperfect,pe cînd distanţa nu se poate aprecia. Omul surd de o ureche este aproape complet lipsit de aptitudinea de determinare a direcţiei sunetului,iar la omul normal,experienţa arată că precizia este mult mai bună dacă sunetul ne vine lateral,în timp ce dacă vine din faţă sau din spate,aceste două direcţii se pot confunda de multe ori.

Capacitatea de a determina direcţia sunetului se pare că depinde de doi factori :

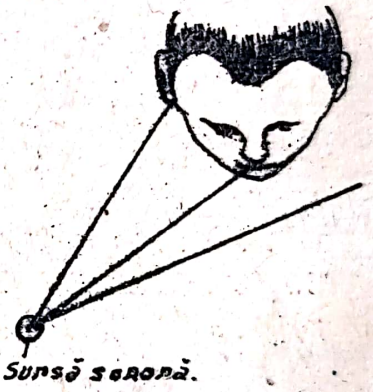
- diferenţa de intensitate a sunetului în cele două urechi datorită depărtării lor diferite faţă de sursa sonoră;

- diferenţa de fază sau mai just,diferenţa intervalului de timp între fazele identice ale undelor sonore care pătrund în cele două urechi.

Importanţa diferenţei de intensitate în determinarea direcţiei sunetului se arată printr-o experienţă simplă : producînd separat la ambele urechi două tonuri de intensitate diferită,se localizează sunetul în direcţia celui mai puternic,aceasta fiind direcţia aparentă. Condiţii asemănătoare există, şi în viaţă : urechea orientată către o sursă sonoră, percepe un sunet mai puternic decît urechea opusă, întrucît aceasta din urmă este parţial acoperită ca de un ecran,de către cap,care se află în drumul de propagare a undei sonore. Gradul de acoperire se determină făcînd raportul dintre mărimea ecranului şi lungimea de undă a undei sonore. Cu cît lungimea de undă este mai mare,cu atît acoperirea este mai exprimată,ca urmare a difracţiei.Pentru tonurile

joase,diferenţa de intensitate a sunetului în urechea stîngă şi cea dreaptă este atît de neînsemnată,încît ea nu va putea fi sezizată. Pentru tonurile înalte,diferenţa de intensitate este uşor sezizabilă. Astfel,pentru intensitatea superioară lui 5000 Hz.,diferenţa dintre sonoritatea ambelor urechi poate ajunge la 30 db. Prin urmare,diferenţa intensităţii sunetului în ambele urechi explică posibilitatea de a determina numai direcţia sunetelor înalte. Pentru sunetele joase,determinarea directă se face prin diferenţa de timp.

Dacă două impulsuri sonore,sosesc la ambele urechi în acelaşi timp, avem impresia că sursa sonoră este situată în planul median al capului.Ca să percepem efectul biauricular este nevoie de o diferenţă de drum a undelor,de cel puţin 1 cm.Existenţa acestui efect se constată astfel :dacă apropiem de cele două urechi, extremităţile unui tub de cauciuc dat pe spate şi-l lovim la mijloc,observatorului i se pare că sursa de sunet este dispusă exact în planul median al capului;dacă schimbăm locul de lovire cu 0,5 cm(diferenţa de drum = 1 cm),se simte decalajul cu 3 - 4°.Deci sunetele pot fi percepute prin diferenţa de întîrziere. Experienţa arată că această însuşire se pierde dacă lungimea de undă a undei sonore este mai mică decît dublul distanţei dintre cele două urechi (21 cm). Astfel, λ unui ton de 700 Hz este egală cu 48 cm.Determinarea direcţiei acestui sunet este posibilă prin diferenţa de fază;pentru tonul de 800 Hz.(λ = 42,5 cm) ea este îngreuiată, iar pentru tonurile mai înalte,devine imposibilă aprecierea distanţei numai după diferenţa de fază.



Pragul diferenţial. Sensibilitatea acustică se caracterizează nu numai prin pragul auditiv ci şi prin capacitatea de a deosebi sunetele după frecvenţa şi intensitatea lor. Determinînd modificarea minimă abia perceptibilă pentru ureche a frecvenţei

şi intensităţii tonului, raportul dintre această creştere şi mărimea iniţială ne va da pragul diferenţial. Tot aşa se poate stabili un prag pentru durata sunetelor.

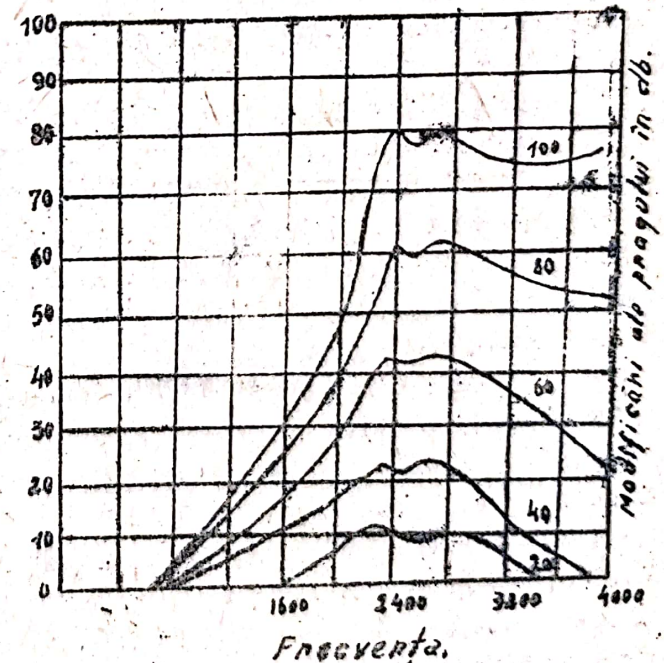
- Pragul diferenţial al frecvenţei.

Pentru frecvenţele joase şi intensităţi mici, pragul atinge cea mai mare valoare. La frecvenţe peste 500 Hz., valoarea pragului aproape nu se modifică şi este egală cu 0,003 adică în această regiune de frecvenţe se percep deosebiri de 3 Hz. la fiecare 1000 Hz., adică cca. 1/24 dintr-un ton. Sensibilitatea regiunilor cu tonuri joase este considerabil mai scăzută : astfel pentru tonul de 62 Hz. trebuie o modificare de 10 Hz. la fiecare 1000 Hz. Oamenii cu un auz muzical foarte diferenţiat, deosebesc tonul de 1000 Hz. de cel de 1001 Hz.

- Pragul diferenţial pentru intensitate.

Cercetările întreprinse au arătat că nu este constantă creşterea minimă sensibilă ci depinde de intensitatea iniţială a sunetului. Creşterea relativă a intensităţii are o mare importanţă pentru sunetele cele mai slabe (pragul acustic); cu creşterea intensităţii sunetului, el diminuă şi în fine, dela nivelul de 40 db., rămîne constant.

Camuflarea sunetului. In timp ce un ton vibrează, altul este înăbuşit. Fenomenul este numit camuflarea sunetului şi se observă uşor în experienţele zilnice, cînd un sunet slab nu se poate aproape auzi atunci cînd se produc simultan sunete mai puternice.



Efectul camuflării se exprimă în db de creştere a pragului sunetului camuflat în timpul vibrării simultane a unui sunet camuflant sau asurzitor.

Metoda obişnuită de studiere a camuflării constă din următoarele : în timp ce se emite un ton A, se emite un al doilea sunet B, a cărui inten-

sitate se măreşte treptat pînă ce urechea încetează să mai percepă tonul A (sunet camuflat).Ambele tonuri se percep la aceiaşi ureche. Figura de mai sus ne arată rezultatele măsurătorii acţiunei camuflante a unor tonuri de 2400 Hz asupra unor tonuri de înălţimi diferite. Se constată că pragul acustic creşte în timpul camuflării. Creşterea pragului sau intensitatea asurzirii se exprimă inegal pentru tonurile de frecvenţe diferite.

Influenţa zgomotului şi trepidaţiilor asupra auzului.

Zgomotele şi trepidaţiile produc o serie întreagă de tulburări asupra organului auzului începînd de la un mic surmenaj şi pînă la surditatea completă. Studiul surmenajului auzului a arătat că sub influenţa unei acţiuni acustice neîntrerupte şi cu o intensitate destul de mare,se produce întîi un fenomen de adaptare,după care creşte pragul acuităţii auditive şi scade estimarea subiectivă a tăriei sunetelor şi stabilitatea acestor funcţii, deci se viciază funcţia de adaptare.Zgomotele şi trepidaţiile dau naştere la surzenie prin producerea de leziuni grave la nivelul celulelor ganglionare ale nervului auditiv şi modificări degenerative şi de atrofie la nivelul diferitelor elemente ale organului lui Corti. S-a crezut mult timp că localizarea leziunilor acestui organ depinde de caracterul zgomotului,lezarea mărginindu-se la acea porţiune,care conform teoriei lui Helmholtz,recepţionează frecvenţa respectivă a zgomotului. Insă s-a remarcat că chiar în cazul acţiunii unor tonuri pure,leziunile se întind,putînd cuprinde tot labirintul.Astfel,gradul leziunii şi întinderea ei depind de înălţimea,intemsitatea şi durata sunetului.Sunetele înalte produc leziuni mai mari ale labirintului decît cele joase.

Zgomotele şi trepidaţiile au şi alte urmări asupra urechii : se pot produce leziuni labirintice din cauză că mişcările neregulate ale organismului datorită trepidaţiilor determină o supraîncordare permanentă a labirintului,fapt care duce la o iritabilitate ridicată a acestuia. Zgomotele pot produce (mai rar) inflamaţii ale urechii medii deoarece sunetele puternice cauzează contracţii frecvente ale musculaturii interne ale urechii şi contracţii de adaptare cu o permanentă stare vibra-

tilă a timpanului. Aceste contracţii au drept urmare ramolirea şi înfundarea timpanului, contractarea musculaturei urechei interne şi lezarea muceasei.

Factorii mecanici pot produce şi leziuni labirintice (de ex. nistagmusul apare destul de frecvent la muncitorii de la cazangerii, la acrobaţi, dansatoare, balerine, şoferi, etc.).

Dar aceşti factori fizici pot provoca consecinţe dăunătoare ce nu sînt legate de percepţia acustică. Se poate considera mai mult sau mai puţin stabilit că o acţiune îndelungată a zgomotului poate determina unele vicieri la nivelul sistemului nervos central, fapt ce se manifestă prin simptome neuro-psihice.

Mult mai bine este studiată acţiunea trepidaţiilor sau a trepidaţiilor combinate cu zgomotul. Astfel se produc vicieri ale sistemului cardio-vascular (hipotonie, bradicardie şi dilatarea venelor membrelor superioare). O altă maladie caracteristică este angionevroza profesională a mîinilor ce se caracterizează printr-o anemiere pronunţată a degetelor mîinii sub influenţa apei reci sau a frigului, hipereestezie şi anestezie la nivelul extremităţilor superioare, tremur, cianoză, edem, contracturi musculare. Etiologia acestei boli se pare a fi aceia că vibraţiile de mare frecvenţă şi permanente a pielei degetelor duc la o nevroză vasomotorie locală ca în fazele incipiente ale maladiei lui Raynaud, care nevroză reprezintă o neurită degenerativă a fibrelor simpatice periferice. Se mai pot produce bolii articulare, în special al umărului. Trepidaţiile puternice ale întregului organism (de ex. legănatul pe mare, în aer), pot determina răul de mare şi de aer (ce nu trebuie confundat cu răul de zbor), în etiologia cărora, acţiunile asupra labirintului au un rol hotărîtor, de asemeni asupra sistemului nervos vegetativ.

O mare importanţă o au trepidaţiile asupra funcţiilor fiziologice normale ale organelor micului bazin la femee. Nu orice vibraţii pot determina astfel de leziuni. Aşa de ex. vibraţiile cu amplitudine mică şi frecvenţă mare acţionează cu predilecţie asupra sistemului nervos iar vibraţiile cu amplitudine mare şi frecvenţă mică provoacă oscilaţia corpului uman şi a organelor acestuia. Deci acestea

din urmă ne interesează în acest caz. De starea aparatului articular şi gradul de dezvoltare a musculaturii depinde gradul modificărilor patologice căci o musculatură bine dezvoltată ca şi un sistem articular integru, diminuă considerabil influenţa nefavorabilă a oscilaţiilor forţate. Mai importă mult şi poziţia corpului căci atunci cînd omul stă jos trepidaţia ce acţionează asupra lui este mult diminuată deoarece astfel este supus numai unei părţi din trepidaţii; stînd în picioare întreg organismul este supus oscilaţiilor de mică frecvenţă, acţiune ce se exercită în primul rînd asupra membrelor inferioare. Astfel de mişcări pot avea o influenţă defavorabilă asupra funcţiilor sferei genitale femenine (disfuncţia ciclului ovarian şi menstrual, sarcini patologice, etc.). La baza tulburărilor observate este ptoza temporară provocată de oscilaţii-izbituri ce favorizează deranjarea circulaţiei la nivelul organelor micului bazin.

Măsuri contra zgomotelor şi trepidaţiilor.

Una din măsurile importante contra zgomotului constă în reglarea intensităţii zgomotului. Astfel, limita acceptabilă a intensităţii se poate considera între 70-80 decibel pentru un sunet standard cu o frecvenţă vibratorie de 1000 Hz. şi cu o diminuare treptată pînă la 60-70 decibeli pe măsură ce creşte tonalitatea. O anumită oboseală a auzului cu diminuarea capacităţii de muncă poate surveni şi în urma zgomotelor de peste 50 decibeli.

In aprecierea rezultatelor igienice ale diminuării zgomotului în industrie se impune să ţinem seama de faptul că diminuarea intensităţii cu un număr egal de decibeli are un efect fiziologic mult mai mare pentru sunetele cu o frecvenţă înaltă, decît pentru cele cu o frecvenţă joasă.

Zgomotele se pot diminua fie acoperind aparatele care produc mult zgomot cu o manta izolatoare de zgomot, fie asigurînd o cît mai perfectă etanşeitate a pieselor, fie schimbînd aparatul cu unul mai modern, etc. Sunetul se mai poate diminua prin micşorarea amplitudinilor oscilaţiilor obiectelor. Astfel, pe plăci de metal sau cazane, în timp ce se bat sau se îndoaie, se pun saci cu nisip.

O mare importanţă o au măsurile arhitectonico-acustice în încăperile cu mult zgomot şi tre-

pidaţii,pereţii trebuie să fie cît mai solizi cu o rezonanţă şi porozitate minimă. Ramele uşilor şi ferestrelor trebuie să fie impermeabile căci cele mai mici orificii au un rol considerabil în transmiterea zgomotelor : o crăpătură egală cu 0,001 din suprafaţa uşii permite trecerea unui număr de zgomote egal cu acela ce ar pătrunde prin întreaga uşe deschise. Pe pardoseală este bine să se aştearnă materiale absorbante (cîlţi,rumeguş,etc.).

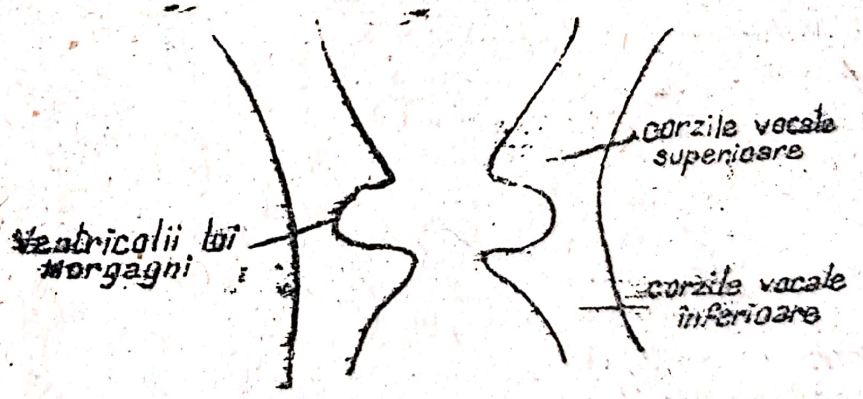
Pentru diminuarea sau chiar completa suprimare a influenţei trepidaţiilor asupra organismului uman, învăţaţii ruşi au propus un fel de scăunele-amortizatoare speciale a căror perioadă vibratorii este mult mai mare decît perioada vibraţiilor pardoselei şi astfel acestea din urmă nu sînt transmise muncitorului ce se găseşte pe suport. In acelaşi timp maşinele se fixează pe picioruşe de cauciuc sau alt material elastic care el însuşi amortizează o mare parte din vibraţii.

Fonaţia

Aparatul vocal al omului se compune din :

1. Plămînii şi aparatul muscular.Plămînii joacă rolul unui rezervor de aer cu presiune ridicată iar aparatul muscular reglează volumul plămînilor.

2. Laringele este organul esenţial al fonaţiei, care după cum se ştie din anatomie,este situat în faţa esofagului şi care se continuă cu traheea. Laringele este alcătuit din două perechi de repliuri membranoase opuse faţă-n faţă,numite corzi vocale şi care delimitează între ele o mică fantă,numită glotă. Intre corzile vocale superioare şi cele inferioare se găseşte astfel o cavitate numită ventricolele lui Morgagni.



In momentul în care se emite un sunet, se observă în laringoscop, o tensiune a acestor corzi şi o strîmtorare a glotei, care în mod normal este dilatată. Sub acţiunea unui efort expirator, trece un curent de aer prin fanta glotică şi în acelaşi timp, corzile vocale intrînd în vibraţie, se emite un sunet.

Pe cadavru s-a putut demonstra că locul de producere a sunetului laringian îl constituie corzile vocale inferioare, căci dacă se înlătură diversele părţi ale laringelui situate deasupra corzilor vocale inferioare, sunetul tot se produce. Această emisiune este însă radical suprimată dacă pe un larinx întreg, se incizează aceste corzi. In afară de aceasta, cînd se face laringotomia pe viu, se constată că emisiunea sunetelor rămîne posibilă în toate cazurile în care incizia se face deasupra corzilor vocale inferioare, dar rămîne afon ori de cîte ori laringele se deschide sub acest nivel.

3. Cavităţile aeriene ale laringelui, gurii şi nasului care schimbă în mod esenţial sunetul, prin rezonanţă şi întărirea acelor supratonuri ce sînt apropiate de frecvenţele proprii ale acestor cavităţi.

Mult timp s-a crezut că un sunet s-ar produce prin acţiunea directă a aerului asupra corzilor vocale care ar vibra astfel ca niste lame ale instrumentelor de suflat. După această ipoteză, înălţimea sunetului provine din starea de tensiune a corzilor vocale, de grosime sau elasticitate. Astăzi însă se admite o altă teorie, care invoacă corzilor vocale un rol secundar, căci mişcarea lor, departe de a fi cauza sunetului, nu ar fi decît urmarea vibraţiilor laringelui sub acţiunea vîrtejurilor de aer cunoscute sub numele de ciclonii lui Lootens. Acest autor a arătat prezenţa unor noduri şi vîrtejuri, într-un număr mare de instrumente de suflat şi în special la fluerul vîmătorilor, instrument care prezintă, aşa după cum se vede şi din fig., o mare analogie cu laringele.

Fluerul este format dintr-o simplă cutie metalică, umflată la mijloc şi care are două orificii .

unul de intrare şi altul de eşire a aerului.

Comparînd această figură ce indică prin săgeţi direcţia curentului de aer cu formarea de cicloni, cu figura ce ne arată o secţiune prin laringe, ne putem da seama că ventricolii lui Morgagni trebuie să fie sediul unor cicloni analogi, fapt care ar explica emisia sunetului laringeal.

Înălţimea sunetului dat de fluerul arătat mai sus, variază cu viteza curentului de aer şi cu volumul aparatului, lucru care se petrec exact şi la laringe, aşa cum vom vedea imediat.

Proprietăţile sunetului laringeal.

1. Înălţimea. Corzile vocale pot fi supuse la tensiuni variabile, mai ales datorită contracţiei muşchilor crico-thyroidieni, căci dacă se secţionează (de ex.la cîine) ramurile nervoase ce vin la acest muşchi, lătratul animalului capătă un ton invariabil. Tensiunea corzilor vocale nu este cauzată numai de contracţia unor muşchi laringieni deoarece şi presiunea aerului în regiunea sub-glotică în momentul emisiei unui sunet, tinde să crească dimensiunile interioare ale laringelui şi să ridice corzile vocale, toate acestea fiind cauze care tind să crească tensiunea acestora. Efectul cauzelor secundare este cu atît mai mare, cu cît aerul din pulmoni este aruncat cu o forţă mai mare, ceea ce face ca intensitatea sunetului să fie mai mică. Acest lucru nu poate fi evaluat pe viu, dar creşterea tensiunii datorită cauzelor arătate se poate demonstra pe cadavru, cînd se constată că pentru o aceiaşi tensiune a corzilor (ce se poate realiza cu ajutorul greutăţilor), înălţimea sunetului este cu atît mai mare, cu cît se suflă aer mai puternic. Müller a arătat pe cadavre că prin creşterea forţei curentului de aer, se pot scoate sunete de cuinte. Sunetul vocal este cu atît mai înalt, cu cît dimensiunile laringelui sînt mai reduse, căci se ştie că femeia şi copilul au sunete mai ridicate decît bărbatul.

In această acţiune a presiunii aerului expirat trebuie căutată explicaţia faptului că sunetele cele mai înalte emise de un cîntăreţ, sînt date cu o mare intensitate şi cu o expiraţie violentă, în timp ce sunetele cele mai grave nu pot fi emise decît cu o intensitate mică şi cu un slab curent de expiraţie. In primul caz cîntăreţul realizează înăl-

ţimea maximă prin intervenţia simultană a contracţiei maxime a muşchilor tensori, cît şi prin efectul tensiunei datorită presiunii aerului expirat. In cazul al doilea, înălţimea minimă este obţinută diminuînd cît mai mult posibil, efectele tensiunii fie datorita presiunii aerului expirat, fie datorite contracţiei musculare. Deci înălţimile maxime ale sunetelor sînt limitate de tensiunile maxime sau minime ce se pot realiza. Înălţimile limită prezintă diferenţe individuale foarte marcate, în funcţie de sex, de lungimea şi grosimea corzilor vocale şi energia contracţiilor musculare.

Intinderea maximă a vocii umane este de cca. două octave, însă ea poate atinge şi chiar depăşi la unii privilegiaţi, trei octave.

Dacă trecem la vocea cîntată, ea se întinde la un individ adult aproape de două octave, limitele variind în funcţie de sex, vîrstă şi persoană.

Astfel, pentru bărbaţi, vocea cîntată se întinde :

pentru başi de la Fa_1 la Fa_3
pentru tenori de la Do_2 la Do_4

iar pentru femei se întinde :

pentru alto de la Fa_2 la Fa_4
pentru soprano de la Do_3 la Do_5

Ca frecvenţe (la cîntat) cea mai joasă este cea de bas (80 Hz) iar cea mai înaltă este vocea de soprano (1029 Hz), iar la citit, vocea bărbătească se întinde (la vocale) între 100-200 Hz, iar cea femeiască între 230-270 Hz. Copii au o voce mai puţin întinsă, care merge crescînd pînă la pubertate.

In funcţie de înălţimea sunetului, vocile se împart în : bas, bariton, tenor, contra-alto, mezosoprană, soprană.

Ca titlu de curiozitate arătăm faptul că sunetul cel mai înalt ce a fost produs de o voce umană a fost Do_6 (cîntăreaţa Bastardella-Mozart).

2. Intensitatea sunetelor emise de larix depinde mai ales de variaţiile de presiune ce rezultă din alternativele de închidere şi deschidere a glotei. Intensitatea depinde deci, de coaptarea mai mult sau mai puţin exactă a marginilor libere ale corzilor vocale şi de amplitudinea

vibraţiilor acestora, amplitudinea fiind cu atît mai mare, cu cît aerul expirat este alungat mai violent din cavitatea pulmonară. Deci energia de contracţie a muşchilor expiratori este unul din factorii importanţi ai intensităţii sunetului laringean.

La un acelaşi individ, jocul muşchilor modifică în fiecare moment capacitatea laringelui şi prin urmare, produce schimbări continui în tonalitatea sunetelor emise. După unii autori, starea de elasticitate a pereţilor determinată de muşchii laringelui; ar influenţa de asemeni înălţimea sunetului laringian emis.

In afară de aceasta, laringele fiind adaptat pentru emisia unui sunet şi corzile vocale avînd tensiunea corespunzătoare unei înălţimi date, pentru că acest sunet să fie emis, trebuie ca aerul expirat să aibă o presiune superioară valorii minime suficientă pentru a provoca vibraţia corzilor vocale. Această presiune minimă nu este cunoscută; dar s-a putut măsura presiunea corespunzătoare emisiunei de sunete de intensitate medie şi de diverse înălţimi. Astfel, la o femee, pentru o înălţime mijlocie, corespunde o presiune de 100 mlm. apă şi de 200 mlm. apă pentru o emisie de sunete mai înalte. Pentru sunetele cele mai înalte posibile, presiunea s-a ridicat la 945 mlm. apă.

Experienţele efectuate, au dus la concluzia că rolul important în ce priveşte intensitatea sunetelor laringeale trebuie să fie atribuit muşchilor thyro-arytenoidieni interni.

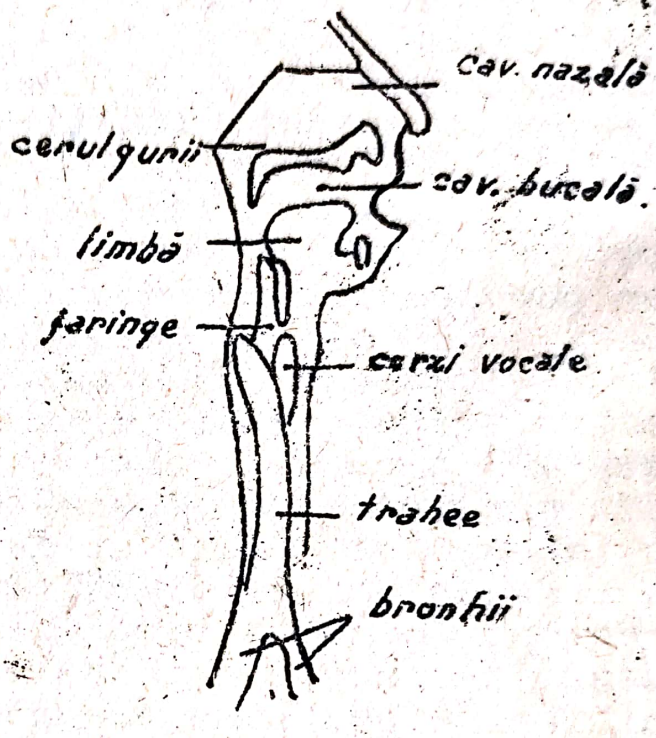
3. Timbrul vocii umane rezultă atît din complexitatea vibraţiilor aeriene produse de închiderile şi deschiderile succesive ale glotei, cît şi din întărirea unor armonici a sunetului fundamental prin cavităţile rezonante ale organismului, cavităţi de care vom vorbi mai tîrziu.

Vocea.

Sunetul primar al corzilor vocale are caracterul unui şir de impulsuri scurte şi brusce care se succed la intervale de timp egale cu perioada oscilaţiilor libere ale corzilor vocale. Intr-o perioadă, corzile se desfac odată, admit o cantitate mică de aer şi dau un impuls scurt de aer. Sunetul corzilor vocale are un spectru format dintr-un număr mare de armonici superioare, de aproape aceiaşi

intensitate. Cavităţile rezonatoare ale laringelui, gurii şi nasului, întăresc anumite armonice (după poziţia limbii, deschiderea gurii şi a laringelui, poziţia cerului gurii). In acest mod la o fonaţie destul de lungă (mai mare de 0,02 sec) se formează sunete cu un timbru caracteristic, numite vocale.

Emisia vocală nu este constituită numai din sunetul laringeal, ci există o suprapunere şi de alte vibraţii produse prin rezonanţa altor cavităţi ale organismului. De ex. sunetele grave se întovărăşesc de o vibraţie a pereţilor toracici, iar pentru sunetele ascuţite, rezonanţa are loc mai ales în cavităţile supralaringeale. Toate aceste cavităţi ce se suprapun unele peste altele, sînt indicate în figura alăturată.



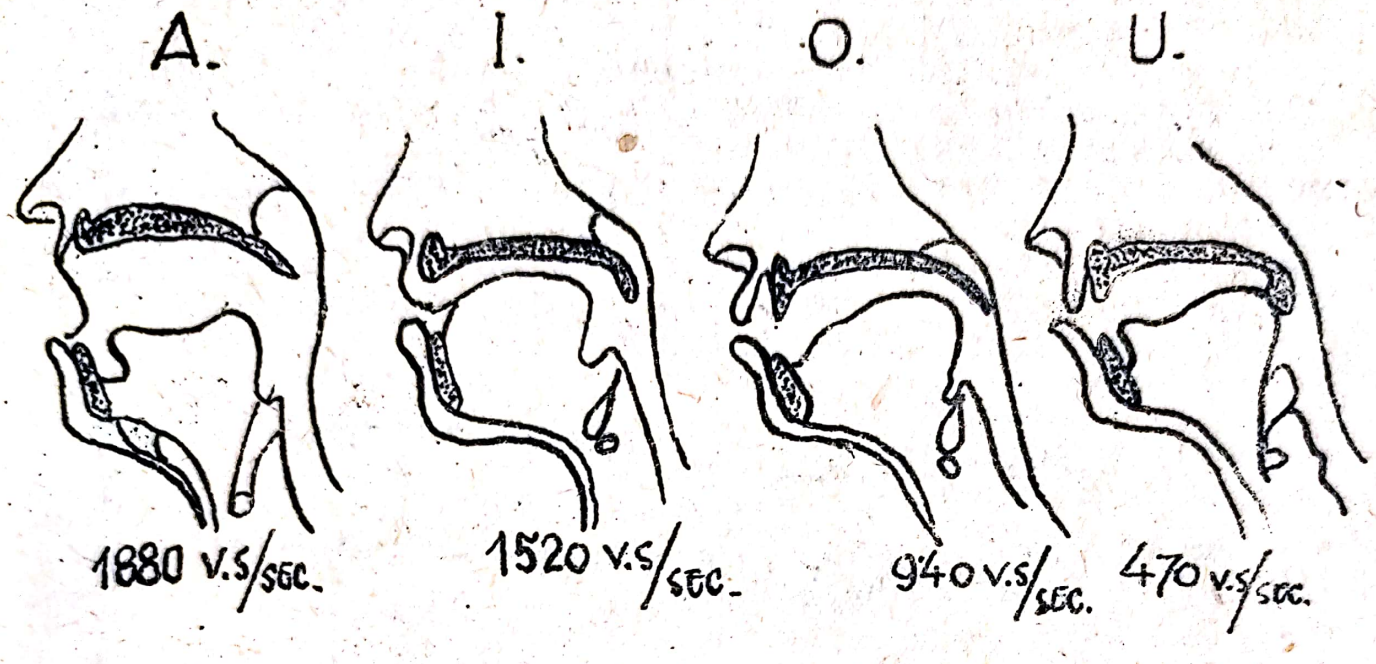
Dacă ne referim la vorbire, se constată că importanţa cavităţilor superioare creşte în detrimentul laringelui, spre deosebire de vocea cîntată în care laringele are cea mai mare importanţă. In vocea şoptită, sunetul laringeal a dispărut complet pentru a fi înlocuit de o emisie sonoră a cavităţilor superioare.

Vorbirea cuprinde veritabile sunete complexe: vocalele şi sunete de tranziţie între ele : consoanele.

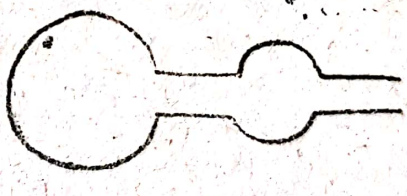
- Vocalele se deosebesc unele de altele printr-un timbru particular, a cărui origine n-a putut fi încă elucidată complet. Ceea ce se ştie este, că fiecărei vocale îi corespunde o formă specială a gurii.

Divergenţele apar asupra felului în care este produs sunetul propriu al acestor cavităţi. După Helmholtz, aceste cavităţi intră în rezonanţă pentru a întări una sau mai multe armonici a-

le sunetului laringeal. După alţi autori, cavităţile superioare ar funcţiona ca surse sonore independente, sub acţiunea curentului de aer ce iese din laringe.



Sunetul primar emis brut de coardele vocale, conţine zeci de supratonuri şi acelea dintre ele care sînt cuprinse în domeniul de rezonanţă a cavităţilor gurii, sînt amplificate şi devin cîteodată mai puternice decît sunetul fundamental, dînd sunetului timbrul lui propriu. La pronunţarea majorităţii vocalelor, rezonatorul vocal este despărţit de limbă în două părţi : una anterioară (cavitatea bucală) şi alta posterioară (cavitatea laringelui). Se formează astfel un rezonator dublu ce are schema din figura alăturată cu două frecvenţe de rezonanţe diferite. Multe sisteme acustice au două sau mai multe frecvenţe de oscilaţii proprii şi deci, pot rezona pentru o serie de frecvenţe.

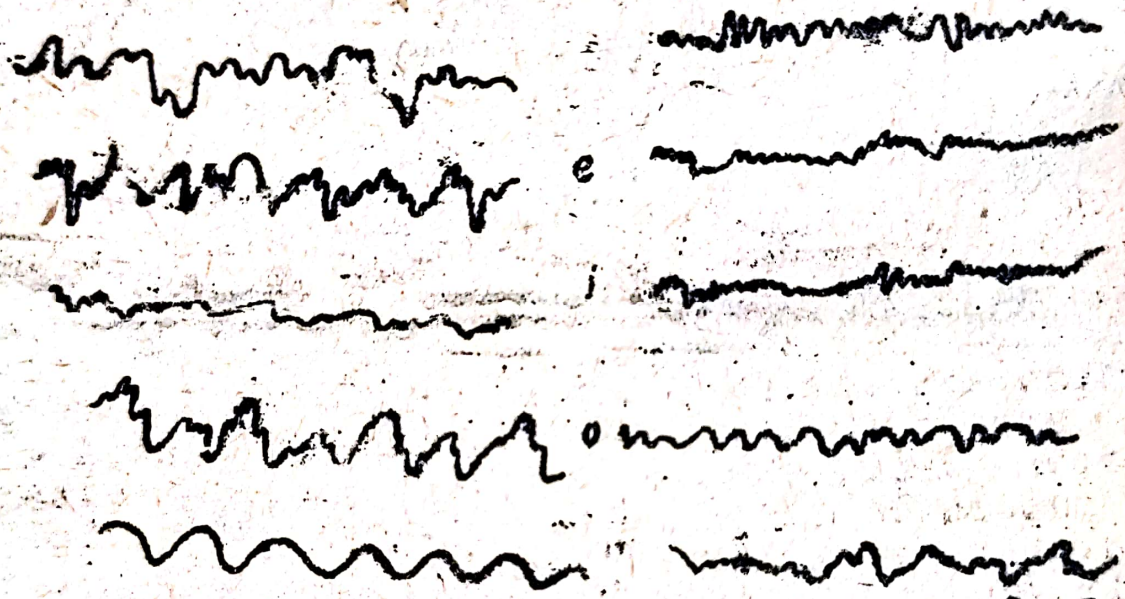


Rezonatorii aparatului vocal au o amortizare mare datorită faptului că pereţii cavităţilor sînt moi şi orificiul de admisie (gura) este mare. Aceasta arată că domeniul de rezonanţă devine destul de larg şi poate cuprinde o serie întreagă de armonice ale tonului fundamental dat de corzile vocale.

Analiza şi sinteza vocalelor: s-a căutat de mult să se izoleze fie cu ajutorul rezonatorilor,

e înscriind forma vibraţiilor aeriene (metodă a beneficiat de perfecţionări electro-acustice prin care se transformă vibraţiile sonore în variaţii de intensitate alecurent electric ce se înscrie apoi cu ajutorul oscilografului), mulţimile la sunete elementare ce formează vocalele.

Calculul matematic a putut apoi să rezolve curbele grafice care rezultau şi astfel să deducă componentele lor. Prin această metodă s-au putut recunoaşte unele caractere comune între traseele unei aceleiaşi vocale emise de diverşi îndivizi, fără să se stabilească prezenţa unei vibraţii simple a cărei frecvenţă să fie independentă de înălţimea sunetului fundamental.



Sunetul a are deavoltate puternic fundamentala şi primele armonice. Datorită acestei compoziţii, vocala a sună plin, plăcut.

Vocala i cuprinde pe lîngă fundamentală o serie de armonice superioare. Această compoziţie dă lui i caracterul de sunet strident.

Sunetul e are o compoziţie intermediară între acea a lui a şi a lui i.

Sunetul u nu cuprinde decît o singură componentă sinusoidală de amplitudine notabilă. De aceea el dă senzaţia de ceva gol.

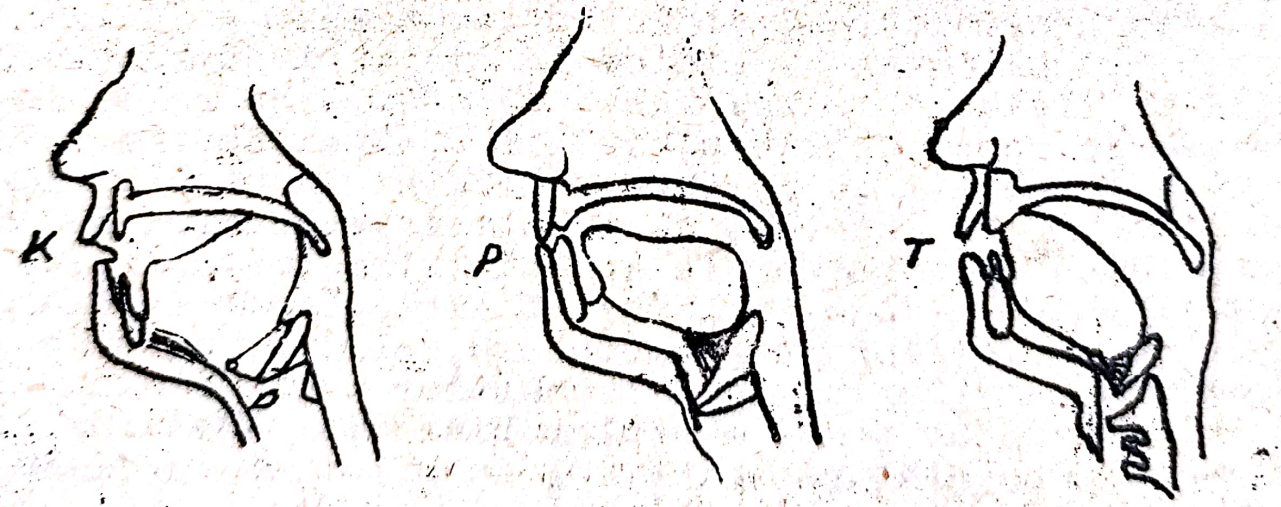
Sunetul o cuprinde desvoltate fundamentala şi armonica a doua, fapt care îi dă un caracter mai plăcut decît cel al lui u.

Importanţa relativă a diverselor armonici ce alcătuiesc o vocală poate suferi variaţii continue căci fiecare om produce sunetul respectiv într-un mod particular. Aşa se explică varia;ia

infinită de nuanţe a aceluiaşi sunet de la om la om, de la un popor la altul, de la bărbat la femeie, de la copil la adult. De aci rezultă la unele popoare mai multe feluri de a exprima o anumită vocală. De ex. se găsesc în locul unei singure vocale e, două sau trei cu nuanţe diferite pe care le simt foarte bine doar persoanele aparţinînd aceluiaşi neam dar nu le simte un străin. Compoziţia spectrală a unei vocale variază şi cu înălţimea sunetului respectiv.

Tot astfel s-a încercat de către Helmholtz, sinteza vocală cu ajutorul a 12 diapazoane. S-au putut astfel produce fenomene sonore asemănătoare diverselor vocale, remarcîndu-se din aceste experienţe că ceea ce este caracteristic şi esenţial pentru fiecare vocală, este înălţimea absolută a sunetelor superioare.

- Consoanele au o structură variată şi complexă şi care, deocamdată, este puţin studiată. Multe consoane au în constituţia lor componente aproape periodice date de sunetul de scurtă durată al corzilor vocale (semi-vocalele : l, m). O serie de consoane sînt produse numai de zgomote înalte, provocate de trecerea aerului prin fante înguste formate din



anumite părţi ale aparatului vocal (s, ş, t, ţ), aceste sunete avînd o putere foarte mică. Consoanele au o frecvenţă ce variază între 200 şi 8.000 Hz. Componentele cele mai înalte (8.000 Hz) intră în compunerea sunetului consoanei s. In general dintre toate sunetele, consoanele au puterea cea

mai mare.

Consoanele sînt produse în general, fără ajutorul corzilor vocale, dar cu : buzele (labialele : b, p), cu dinţii (dentalele : t, d), cu nasul (nazale : m, n), cu cerul gurii (palatinele :), cu limba (linguale le : d, t), guturalele : g, k, după cum unul sau altul dintre aceste organe este mai mult sau mai puţin modificat.

Zgomotele organismului

Vom trece în revistă, zgomotele care se produc în mod normal sau patologie în organism, cît şi cauzele mecanice care le produc.

Zgomotele pulmonare. La nivelul acestui organ se percep două feluri de zgomote : suflurile şi ralurile.

Suflurile se percep atunci cînd un curent de aer treverseazâ o deschizătură destul de largă, sau trece dintr-un tub mai strîmt în unul mai larg. In organismul umar un astfel de suflu se aude în mod normal cînd ascultăm direct sau indirect laringele, căci în acest caz vena de aer trece printr-un orificiu ce se strîmteazâ brusc, strîmtare care coresfunde orificiului glotic. Diametrul acestui orificiu este variabil, avînd un calibru mai mare în inspiraţie. Deci în expiraţie cînd strictura este mai îngustă, expulzarea aerului se face mai greu şi suflul va avea o durată şi intensitate mai mare. In schimb tonalitatea se ridică în timpul inspirului cînd orificiul este mai larg. Pe măsură ce ne depărtăm de acest orificiu, suflul traheal devine din ce în ce mai puţin perceptibil şi la nivelul alveolelor va fi înlocuit cu murmurul vezicular. El se produce independent de suflul tubar şi pare a fi datorit unei a doua stricturi fiziologice : la nivelul bronşiolelor supra-lobulare, care lipsite de armătură cartilaginoasă a bronşiilor mari, dispun în schimb de un ţesut muscular bine desvoltat. Ori această musculatură joacă rol de sfincter, deci de strictură.

Suflurile care se aud în mod patologic sînt :

- suflul tubar patologic care se aude cînd este o condensare pulmonară ce permite transmiterea prin plămîn a suflului tubar normal;
- suflul pleuretic care seamănă cu suflul tubar dar are o intensitate mai mică şi o tonalitate

mai ridicată şi care se aude cînd între un plămîn destul de dens şi coaste se interpune o lamă de lichid;

- suflul cavernos care are o intensitate mare şi o tonalitate joasă, uneori chiar foarte gravă şi care este datorit unei cavităţi care se află în drum spre peretele toracic;

- suflul amforic care are o tonalitate foarte gravă şi un timbru particular comparabil cu zgomotul produs cînd se suflă într-o oală sau amforă şi care este datorit unei cavităţi mult mai mari (diametrul peste 6 cm) interpuse în traiectul suflului tubar.

Ralurile sînt zgomote datorită emisiunii succesive de sunete foarte scurte, fiecare avînd o durată foarte mică pentru ca urecea să poată aprecia înălţimea. In baza caracterelor acustice, ralurile se împart în uscate şi umede.

Ralurile uscate sînt numite astfel din cauza caracterului uscat pe care-l prezintă. Din această grupă fac parte :

- ralurile ronflante ce au o tonalitate mai joasă şi se produc în bronhiile mai mari, ele asemănîndu-se cu sforăitul unui om ce doarme;

- ralurile sibilante ce au o tonalitate mai ascuţită deoarece iau naştere în bronhiile mai mici şi se aseamănă cu ţiuitul vîntului.

Ralurile umede, se împart în :

- ralul crepitant care se produce atunci cînd aerul pătrunzînd în alveole la sfîrşitul ispiraţiei, deslipeşte brusc pereţii alveolari ce sînt menţinuţi lipiţi de o secreţie vîscoasă, aderentă;

- ralul subcrepitant, bulos sau mucos este adevăratul ral umed. Pentru ca să se producă un astfel de ral trebuie ca în căile respiratorii să existe o secreţie umedă, lichidă, pe care aerul inspirat şi expirat să o pună în mişcare. In urma conflictului dintre aerul circulant şi lichid, se formează în acesta din urmă numeroase bule de aer care plesnesc din timp în timp.

- Ralul cavernos este un ral subcrepitant de calibru mai mare. El se distinge printr-o tonalitate mai gravă şi un timbru muzical metalic.

Zgomotele inimii. Ascultînd în regiunea precardială se aud în mod obişnuit două zgomote. In anumite cazuri patologice se pot asculta pe lîngă ele, sau chiar în locul lor, nişte zgomote ce au un caracter

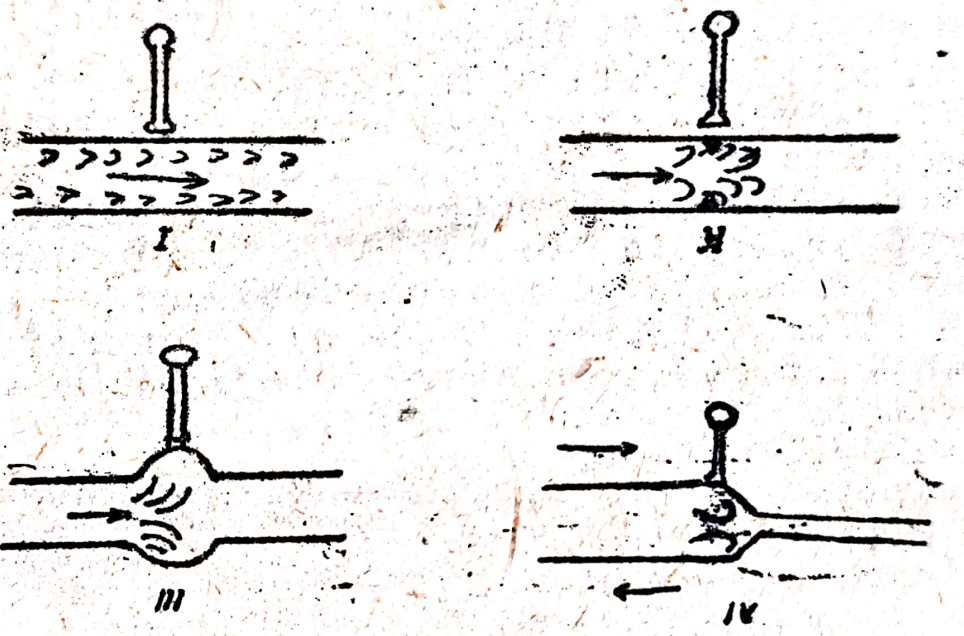
suflant, din care cauză au fost numite sufluri.

In diverse experienţe s-a căutat, să se creieze condiţii asemănătoare cu acelea pe care le oferă inima. Astfel, s-au folosit tuburi elastice sau rigide, la care prin aplicarea unui stetoscop, s-au constatat următoarele :

- Imediat ce se imprimă lichidului circulant o viteză mai mare, se produce suflul (Fig.I).

- Suflul se poate produce şi în cazul cînd tubul se strîmtează sau se lărgeşte în mod brusc într-un punct oarecare al traiectului său (Fig.II şi III).

- Suflul se mai produce şi acolo unde într-un tub circulă în acelaşi timp doi curenţi de sens contrar. Suflul se percepe la locul de coliziune (Fig.IV)



Pentru a putea urmări şi mai bine fenomenul fizic care dă naştere acestor sufluri, s-au reluat cercetările cu tuburi de sticlă în care s-a pus pulbere de licopodiu. Prin acest mijloc s-a observat că în locurile în care iau naştere sufluri, se produc vîrtejuri, cu alte cuvinte, în aceste locuri, lichidul se găseşte în vibraţie. Vibraţiile se transmit la peretele tubului care intră de asemeni în vibraţie, întocmai după cum arcuşul (lichidul) pune în vibraţie coarda (peretele tubului).

Mai trebuie de remarcat că în afară de prima situaţie, în toate celelalte pentru a se produce un suflu, trebuie ca lichidul circulant să aibă o anumită viteză.

Insă la inimă se ivesc oare condiţii asemănă-

toare cu cele care sînt în stare să producă sufluri experimentale ? Teoretic, inima se aseamănă cu un tub elastic ce nu are însă un calibru uniform căci orificiile cardiace şi vasele au un calibru mult mai mic decît cavităţile inimei. In baza acestor considerente ar trebui să se perceapă sufluri cardiace şi în condiţii normale. Se pare că nu se aud astfel de sufluri din cauză că orificiile auriculoventriculare şi arteriale au proporţional, un calibru destul de mare, iar pe de altă parte, sîngele circulant nu are viteza necesară producerii sufluri-lor. Dacă însă orificiile se strîmtează în mod disproporţional sau sîngele primeşte o viteză mai mare, aceste sufluri se percep uşor.

Zgomotele stomacului. La stomac se percep nişte zgomote speciale numite garguimente care sînt produse de trecerea unui număr mare de bule gazoase în mijlocul unui lichid.

Zgomotele contracţiei musculare. Cînd se excită electric un muşchi pentru a se obţine un tetanos, se percepe un zgomot special numit zgomot rotatoriu, a cărui intensitate creşte pe măsură ce facem să crească numărul de excitaţii pe secundă. Se crede că ar fi datorit contracţiei bruşte ale fibrelor musculare.

Zgomotele de percuţie. Sînt diferite după natura organului explorat. Dintre acestea, cele mai des întîlnite sînt : sunetul mat ce are o intensitate mică şi o durată scurtă şi sunetul timpanic cu o durată mare.

Infrasunetele

Sînt oscilaţii cu o frecvenţă mai mică de 16 Hz. Astfel nu pot fi auzite de urechea umană, dar se pot constata pe alte căi. Aşa de exemplu se văd valurile artificiale produse într-un bazin de înot prin deplsarea unui piston, se percep cutremurile, etc.

Ultrasunetele

Sînt oscilaţii cu o frecvenţă foarte mare: de la 10.000 Hz pînă la 1.000.000.000 Hz. Deşi nu sînt percepute de urechea umană, unele animale (efinii, păsările, liliacul, etc.) le percep foarte bine. Această facultate a unor animale explică

anumite reacţii curioase (de exemplu ale cîinelui) în care acesta produce impresia că face calcule matematice, etc., cînd de fapt ascultă de comanda dată de un fluer ultrasonor, care bine înţeles nu este auzit de public.

Mod de producere. Ultrasunetele se pot produce prin următoarele metode :

- Mecanice (fluerul lui Galton);
- Magnetostricţia (fenomen descoperit de Joule la 1847): unele substanţe fero-magnetice îşi schimbă dimensiunile într-un cîmp magnetic. Astfel o bară de cobalt are înfăşurată pe ea o bobină prin care trece un curent electric. Bara este pusă în contact cu un vas cu apă. Datorită curentului variabil, bara de cobalt îşi schimbă mereu lungimea, deci vibrează şi vibraţiile ei se transmit la vasul cu apă.

Fenomenul prezintă avantajul că cu o frecvenţă relativ joasă (20-60 KHz) se obţine o energie considerabilă. In schimb prezintă şi cîteva desavantaje şi anume dependenţa frecvenţei de temperatură şi variaţia permeabilităţii magnetice a corpurilor feromagnetice în funcţie de intensitatea cîmpului magnetic. Aceste fapte contribuie la aceia că fenomenul să fie aplicat restrîns la detectarea ultrasonoră submarină şi în tehnică, la aparatele de lipit metale, etc.

- Piezoelectricitatea: este modul de producere cel mai curent : se supune o placă de cuarţ unui curent de înaltă frecvenţă, fapt care face ca placa de cuarţ să sufere deformaţii în ritmul schimbării sensului curentului. Cum frecvenţa schimbării curentului este mare şi frecvenţa oscilaţiilor va fi mare, apărînd astfel ultrasunetele.

Proprietăţi. Au diverse proprietăţi dintre care cele mai importante sînt cele fizice şi biologice.

Astfel, din p.d.v. fizic servesc la prepararea unor sisteme de dispersie (suspensie, emulsie, colozi) prin fenomenul de fărămiţare mecanică. Au şi efect invers adică distrug sistemele disperse (aerosolii), putîndu-se astfel purifica aerul. De aci rezultă captarea fumurilor şi deci curăţirea perfectă de fum a oraşelor. In general, ultrasunetele au proprietăţi destul de curioase : gazele capătă proprietăţi noi necunoscute: de ex. oxigenul devine foarte activ oxidînd corpuri cunoscute ca inoxidabile; pînă

şi azotul gaz inert, capătă proprietăţi active. Unele lichide ca : glicerina, nitrobenzenul, apa, etc., devin luminiscente, iar altele ca triiodura de azot şi fulminatul de mercur fac explozie chiar la distanţe mari. Oţelul îşi măreşte duritatea. Plumbul şi aluminiul care normal nu se aliază formează aliaje cu proprietăţi interesante. Zincul topit şi supus apoi la ultrasunete, cristalizează. Stibiul şi cadmiul cristalizaţi, capătă rezistenţe egale cu ale oţelului dur, iar unele fonte devin casabile ca sticla.

Au şi interesante proprietăţi biologice. Aşa pot omorî unele animale mici cum ar fi peştii (pentru a omorî peştii este suficientă frecvenţa de 800 KHz, pentru şoareci 20 KHz şi o intensitate de 1-3 W/cmp). Alte animale (broaştele) sînt numai paralizate, revenindu-şi la normal îndată după încetarea emisiunii de raze ultrasonore. Au un efect sterilizator (litic) omorînd bacteriile şi fermenţii (unii de la 800 KHz) prin fărămiţare mecanică (rup membrana celulară, cilii vibratili, etc.), găsind astfel aplicaţii la sterilizarea apei potabile, a laptelui, a sucului de fructe, etc. şi la fabricarea de diverse vaccinuri (exantematic, tuse convulsivă, variolă, rabie, poliomielită, etc.). Dintre microbi sînt distruşi mai uşor bacilii şi mai puţin cocii. Se mai întrebuinţează şi la sterilizarea locală în chirurgie.

Tesuturile traversate de ultrasunete suferă următoarele efecte :

- Termic. Deşi foarte important, căci temperatura se poate ridica pînă la 230°, din cauza mişcării lichidelor, temperatura se egalizează instantaneu. Insă se poate ridica în unele organe (de ex. în măduva spinării cu 10-15°).

- Mecanic. Este efectul cel mai important şi se consideră ca un micromasaj care reduce coeziunea dintre elementele celulare ale ţesuturilor, influenţînd astfel circulaţia lichidelor prin spaţiile tisulare şi difuziunea prin diversele membrane care îşi modifică permeabilitatea şi aspectul chimic. Se schimbă şi structura în ţesuturi şi celule. Se modifică astfel circulaţia sîngelui şi a limfei şi ulterior, apar modificări de echilibru coloidal tisular şi excitaţii ale interoceptorilor.

Ca rezultat apare o creştere a temperaturii locale şi o serie de modificări ale coloizilor care duc, la rîndul lor, la dilataţie capilară şi hiperemie.

-Chimic. Se datoreşte de fapt efectului mecanic şi anume fenomenului de cavitaţie ce constă în apariţia de bule de gaz în interiorul lichidelor traversate de ultrasunete. Cavitaţia se explică prin ruperea lichidului datorită învingerii forţei de coeziune în urma tensiunii aplicate. Prin reunirea ulterioară a moleculelor de lichid, se eliberează energii mari care pot acţiona distructiv. Ea explică producerea emulsiilor, dispersiilor coloidale, lichefierea gelurilor, etc. In prezenţa gazelor la temperaturi ridicate (CO_2, H_2S, etc.) cavitaţia nu mai are loc. Dintre fenomenele chimice, cel mai important este cel de oxidare (apariţie de apă oxigenată, etc.) însă se produc şi fenomene de reducere.

In general u.u.s. au efecte distructive. Ele inactivează substanţele, avînd o activitate biologică particulară, degradează sau divizează macromoleculele (cum ar fi polizaharidele, însă la anumite dimensiuni), denaturează proteinele. Astfel, coagulează ovalbumina, dar nu coagulează serumalbumina. Cresc γ globulinele şi scad albuminele. Gelatina îşi reduce vîscozitatea şi proprietatea ei de a se transforma în gel, fenomen la început reversibil. Experimental distrug hematiile, iar în celule se constată vacuolizarea. In special sînt sensibile celulele sistemului nervos. Burdenko a observat că leziunile produse de u.s. la animale de experienţă sînt asemănătoare cu tabloul comoţiei cerebrale. Astfel, asupra encefalului, aceste raze acţionează în trei faze :

- excitaţie cu convulsii şi exagerarea reflexelor;
- inhibiţie cu scăderea tensiunii arteriale;
- paralizie, în special a centrului respirator, urmată de moarte.

Tesutul osos răspunde prin căldură, mai ales la 35 W.

Pielea răspunde la doze mai mari, cu eritem sau flictene, mai ales în profunzime. La doze mai moderate, pielea devine mai permeabilă pentru substanţe medicamentoase căci aceste doze provoacă

vasodilatație, în timp ce dozele mari provoacă o vasoconstricție dar cu efecte generale neomogene producîndu-se distrugeri mecanice. La frecvențe mijlocii sau la concentrare locală de mare amplitudine, apare fenomenul de cavitație manifestat clinic prin petesii. La doze mai mari decît cele terapeutice apare hemoliza serului normal și leucoliza, adică ruperea membranelor celulare, cu modificări profunde ale protoplasmei.

Sub acțiunea u.u.s. scade timpul de coagulare și V.S.H. căci cresc globulinele. Circulația este influențată local favorabil prin vasodilatația care se produce, însă la distanță, poate declanșa în mod reflex o micșorare a circulației sanguine în coronare. Local, senzația de căldură nu se datorește numai vasodilatării ci și excitării termoreceptorilor.

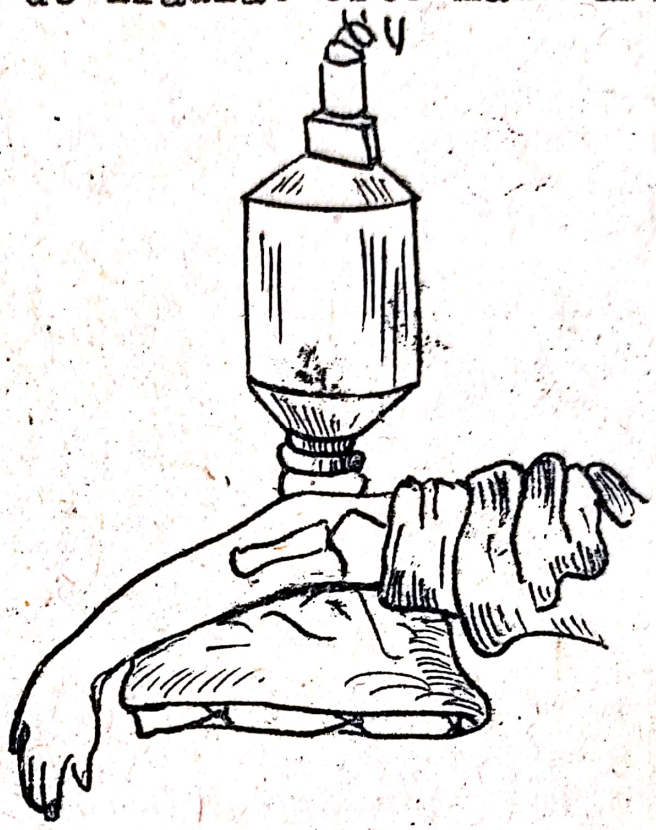
Reacția măduvei osoase la u.u.s. se aseamănă cu cea produsă de razele X, nu-mai că aci, chiar la modificări structurale importante, reacția de regenerare este păstrată în cel mai înalt grad. Fenomenul de cavitație duce, atunci cînd se aplică doze excesive de u.u.s., la degajarea de O_2, O_3, N și formarea de H_2O_2. Cînd se formează prea mult N, se formează acid azotic și amoniac.

Tehnica de lucru. Timpul de aplicare este de 4-15 sec. La început sînt ședințe scurte ce se repetă zilnic sau la două zile, cu un total de 3-12 ședințe.

Un aparat medical de produs u.u.s. constă dintr-un emițător de înaltă frecvență, legat printr-un conductor, de un localizator numit cap de tratament, care conține cristalul piezoelectric. Contactul dintre localizator (membrana de contact pe care se află) și locul de tratat se face obligator prin intermediul unui mediu lichid (un strat de ulei sau parafină lichidă), cu care se unge atît pielea din dreptul regiunii de tratat cît și membrana localizatorului. Spațiile cu aer dintre membrana și piele pot duce, la frecvențe și doze mari, la combustii gazoase. Aceasta deoarece la suprafața de contact dintre două medii diferite, absorbția de u.u.s. este foarte mare, fapt care constituie o barieră pentru trecerea lor. La alte aparate se folosește ca lichid apa (în strat gros de 12-15

cm). Apa trebuie să fie fiartă şi răcită pentru a elimina gazele ce le conţine obişnuit (se evită astfel cavitaţia).

Dacă suprafaţa de iradiat este mai mare decît suprafaţa membranei localizatorului, acesta se va mişca lipit de suprafaţa respectivă, foarte încet (1 cm/minut) înainte şi inapoi. Pacientul de cele mai multe ori nu resimte decît o senzaţie de căldură locală. In schimb medicul, percepe pe suprafaţa cutanată a pacientului, chiar la distanţă, vibraţiile transmise.



Indicaţii. Ultrasunetele au fost introduse în terapeutica medicală şi în cea chirurgicală.

In terapeutica medicală, deşi au fost folosite într-o serie întreagă de afecţiuni, efectele cele mai evidente ale u.u.s. se produc în stările reumatice, mai ales ale coloanei vertebrale (spondilite şi spondiloze) şi în afecţiunile sistemului nervos periferic (nevralgii şi nevrite). Pot vindeca sciatica, lombago, etc. deoarece au o putere de masare extraordinară, putîndu-se introduce sub piele anumite medicamente specifice.

Rezultatele bune obţinute se datoresc acţiunilor generale (spasmolitice, antalgice şi antiinflamatorii) ale u.u.s.

La Berlin funcţionează un spital (Martin Luther) care foloseşte un aparat de ultrasunete.

In chirurgie, ultrasunetele au fost introduse de foarte scurt timp de către Prof. Fry de la Universitatea din Urbana. El foloseşte un fascicul

puternic de ultrasunete concentrat într-un singur loc. Concentrarea se face cu ajutorul unei lentile convexe (convergentă) şi prin folosirea nu a unui singur generator, ci patru, cu o putere de patru ori mai mică decît cea necesară distrugerii ţesuturilor. Aceste patru generatoare sînt dispuse astfel încît să acţioneze pe o suprafaţă foarte mică. Prin aceste procedee efectul asupra ţesuturilor vecine, sănătoase, este minim, în timp ce asupra ţesutului bolnav ce vrem să-l distrugem, este maxim. Pentru ca ultrasunetele să acţioneze cît mai eficace, trebuie să înlăturăm din calea lor obstacolul osos, deci pentru operaţiile la cap, calota. Aceasta este necesar deoarece întîlnind un obstacol dur, u.u.s. se refractă, lucru care ar prejudicia precizia operaţiei. In plus, la zona de contact dintre două medii cu conductibilităţi diferite, s-ar produce căldură intensă care ar leza creierul. Deasupra creierului se fixează un mic bazin metalic fără fund în care se pune ser fiziologic căldut pentru a uşura transmisia ultrasunetelor. Experienţele efectuate pe creier de animale arată că leziunile se localizează la o porţiune strict limitată. De asemenea s-a mai constatat încă un fapt important : u.u.s. distrug numai celulele nervoase fără ca vasele sanguine să fie atinse şi deci ţesuturile din prejur continuă să fie aprovizionate cu sînge fără întrerupere.

CĂLDURA

Scanned with OKEN Scanner

Principii generale.

Noţiunile de temperatură şi de cantitate de căldură, egal de importante amîndouă, sînt aproape totdeauna legate una de cealaltă în studiul căldurii, mai ales că de fapt noţiunea de temperatură este o consecinţă a celei de cantitate de căldură. Din această cauză, sînt foarte adesea confundate.

Deoarece într-un număr mare de fenomene numai unul din aceşti factori este preponderent şi pentru a nu se mai confunda, în studiul nostru ne vom ocupa separat atît pe cît se poate, de fiecare din aceşti doi factori. Vom începe astfel cu fenomenele în care principalul factor este temperatura şi apoi cu acelea în care cantitatea de căldură joacă rolul cel mai important.

Noţiunea de temperatură

Noţiunea de temperatură este subiectivă fiind legată de senzaţiile de cald sau de rece pe care le avem cînd atingem un corp oarecare. Simţurile noastre nu ne dau măsura obiectivă a temperaturii. De ex. dacă luăm două vase în care turnăm, în unul apă caldă şi în altul apă rece şi vom cufunda în fiecare cîte o mînă, vom avea senzaţiile respective de cald şi de rece. Dacă luăm apoi un vas cu apă la temperatura camerei în care vom cufunda ambele mîini, vom simţi senzaţii diferite deşi apa are o temperatură omogenă şi anume, pentru mîna care a fost întîi în apa caldă îi corespunde o senzaţie de apă rece. Lucrurile se petrec invers pentru cealaltă mînă. Senzaţia de temperatură mai depinde şi de alţi factori şi anume de conductibilitatea termică şi capacitatea calorică a corpului respectiv. De ex. dacă încălzim pînă la 100° atît o bucată de vată cît şi o bucată de metal, prima ne pare mai rece şi o putem ţine în mînă, în timp ce metalul nu. De altfel dacă un corp este prea cald sau prea rece, nu ne mai putem da seama de temperatura lui deoarece atît frigul intens cît şi căldura intensă produc aceiaşi senzaţie dureroasă de arsură.

Temperatura reprezintă astfel nivelul termic al unui corp (prin analogie cu nivelul hidrostatic) şi este în funcţie de energia cinetică moleculară.

Efectele temperaturii

In funcţie de temperatură, un corp poate prezenta diverse modificări fizice (de volum, presiune, conductibilitate electrică, etc.) şi biologice.

Schimbarea dimensiunilor. Putem aprecia mai exact temperatura unui corp pe cale indirectă, adică măsurînd anumite fenomene fizice legate de variaţia lui. Astfel, aproape toate corpurile îşi măresc dimensiunile atunci cînd le încălzim. Zicem că ele se dilată. Lucrurile se petrec invers cu temperaturile coborîte. Modificările de dimensiuni sînt diferite pentru fiecare stare a materiei.

1.- Cazul corpurilor solide : prin experienţe foarte simple se poate proba că la căldură corpurile solide îşi măresc dimensiunile. Aceste modificări se petrec în lungime (dilatarea liniară) şi în volum (dilatarea în volum).

Pentru corpurile solide o mare importanţă o are dilatarea liniară, căci fiecare corp supus la aceiaşi temperatură, se dilată diferit, adică fiecare corp are un anumit coeficient de dilatare după care putem recunoaşte natura corpului respectiv. Coeficientul de dilatare reprezintă cantitatea cu care creşte unitatea de lungime a corpului respectiv cu fiecare grad. Astfel, la temperatura 0^0 lungimea unui corp va fi L_0; la temperatura t^0 va avea lungimea L_t. Deci corpul s-a lungit cu $L_t - L_0$. Pentru 1^0 vom avea :

$$\frac{L_t - L_0}{L_0 t} = \alpha$$

de unde : $L_t = L_0 (1 + \alpha t)$.

Există unele corpuri ca iedura de argint, fonta, cauciucul, care prin încălzire se contractă.

Dilatarea în volum se află după formula :

$$V_t = V_0(1+3\alpha t) \quad ; \quad \alpha = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

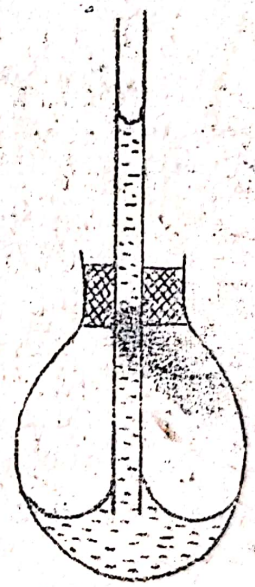
Corpurile solide au coeficienţi foarte mici de dilatare. Totuşi pentru a realiza o alungire analoagă cu ajutorul unei forţe exterioare, trebuiesc eforturi imense. Cuarţul şi aliajul invar se dilată aşa de puţin încît practic se consideră că nu se

II. Cazul corpurilor lichide: lichidele se dilată numai în volum căci n-au o formă bine stabilită. Deoarece se dilată şi vasul, dilatarea reală (Dr) este egală cu dilatarea aparentă (Da) plus dilatarea vasului (Dv). Deci: Dr = Da + Dv.

Lichidele au coeficient de dilatare mai mare decît corpurile solide.

Delă dilatarea lichidelor face excepţie apa şi anume, încălzită de la 0° la 4° C, în loc să se dilate, se contractă, de la care temperatură, continuînd încălzirea, apa începe să se dilate. Deci la 4° C apa are cel mic volum şi prin urmare cea mai mare densitate.

III. Cazul corpurilor gazoase: pentru a putea arăta dilatarea acestor corpuri, se face următoarea experienţă: se pune puţină apă într-un balon astupat cu un dop de plută, prin care străbate un tub subţire de sticlă în care se găseşte tot apă. Incălzind balonul se observă că nivelul lichidului din tubul capilar întîi coboară puţin ca apoi să urce deasupra nivelului iniţial. Explicaţia fenomenului este foarte simplă: întîi se încălzeşte balonul care se dilată şi deci nivelul coboară. Apoi începe să se dilate şi gazul din interior şi astfel, nivelul se ridică. Dacă am împiedica dilatarea gazului, în loc să crească volumul, ar creşte presiunea. De aceea o sticlă umplută cu aer şi astupată cu un dop dacă este încălzită, aruncă cu putere dopul afară.



Deci spre deosebire de corpurile studiate mai sus, la gaze presiunea joacă un rol considerabil asupra volumului. Gazele se pot dilata schimbîndu-şi volumul, presiunea rămînînd constantă; dar se poate ca ridicînd temperatura, să se menţină volumul constant, numai că în acest caz, va creşte presiunea.

Bazat pe astfel de experienţe, Gay - Lussac a stabilit următoarele legi:

- "la presiune constantă, toate gazele au acelaşi coeficient termic de dilatare în volum" (ce este egal cu 1/273 = 0,003.66).

- "la volum constant, toate gazele au acelaşi coeficient de presiune" (ce este egal cu 1/273).

Din aceste două legi se deduce: "coeficienţii termici de volum şi presiune sînt egali".

Aşa dar, spre deosebire de corpurile solide şi lichide, toate gazele se dilată la fel. Cantitatea de 1/273 reprezintă coeficientul de dilatare la presiune constantă.

Relaţia stabilită pentru dilatarea în volum a solidelor, pentru gaze devine :

$$V_t = V_o(1+\alpha t)$$

deci în cazul dilatării sub presiune constantă, volumul gazului la temperatura t se află înmulţind volumul la 0° (V_o) cu binomul de dilatare.

In cazul dilatării sub volum constant, relaţia este :

$$P_t = P_o(1+\alpha t)$$

Dar studiind mai amănunţit aceste legi, s-a remarcat că nu sînt riguros exacte. Deşi aceste deviaţii sînt mici (la temperaturi prea joase gazele devin mai puţin dilatabile şi α are o valoare mai mică), ele totuşi există şi se pot explica prin particularităţile diferite ale gazelor ce au molecule, forţe de coeziune, mase şi naturi chimice diferite. Dacă presupunem că moleculele de gaz ar fi nişte puncte (în înţelesul matematic) între care să nu existe forţe de coeziune, am avea de a face cu un singur gaz, numit gaz perfect, gaz care în realitate nu există.

Termometre. Pentru a putea determina gradul de încălzire al unui corp, adică temperatura lui, ne servim de aparatele numite termometre (termos=cald şi metreim=a măsura).

Termometrele se bazează pe schimbarea pe care o suferă una din caracteristicile fizice ale unui corp sub influenţa ridicării temperaturii, adică fie creşterea volumului, fie a presiunii, a conductibilităţii electrice, etc. In practica curentă cea mai utilizată este variaţia de volum. Pe acest principiu se construiesc termometrele de sticlă cu un lichid (mercur sau alcool).

Gradaţiile unui termometru se fac după nişte

puncte fixe luate arbitrar (scări relative) sau după zero absolut (scara absolută).

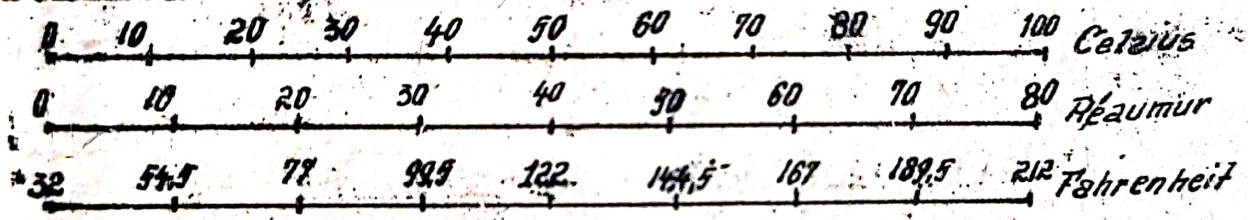
Scările relative sînt :

- Scara Celsius sau centesimală deoarece are scara cuprinsă între 0-100° (Termometrul Celsius a fost imaginat de naturalistul suedez Linné la anul 1743 dar i s-a dat prin tradiţie numele astronomului suedez Andrea Celsius 1701-44). In această scară, punctul 0 coincide cu temperatura de îngheţ a apei şi punctul 100 cu cea de fierbere.

- Scara Rèaumur este aproape părăsită. Ea are punctele fixe la 0° (punctul de îngheţ a apei) şi + 80° (punctul de fierbere a apei).

- Scara Fahrenheit folosită în Olanda, Anglia şi Statele Unite are ca puncte fixe : + 32° (punctul de îngheţ a apei şi + 212° (punctul de fierbere a apei).

Figura de mai jos ne reprezintă diferitele scări termometrice relative precum şi modalitatea de schimbare din una în alta:



$$^{\circ}C = \frac{5}{4}\,^{\circ}R = \frac{5}{9}\,(^{\circ}F - 32)$$

$$^{\circ}R = \frac{4}{5}\,^{\circ}C = \frac{4}{9}\,(^{\circ}F - 32)$$

$$^{\circ}F = \frac{9}{5}\,^{\circ}C + 32 = \frac{9}{4}\,^{\circ}R + 32$$

Scara absolută numită şi scara Kelvin, foloseşte ca punct de plecare temperatura de - 273°,18.

In adevăr, din dilatarea corpurilor gazoase (legile lui Ge -Lussac), rezultă că la temperatura de - 273,18 presiunea şi volumul gazului perfect sînt egale cu zero. Intrucît presiunea gazului este condiţionată de mişcarea moleculelor sale, la această temperatură articulele gazului n-ar trebui să se lovească une- e de altele şi de pereţii vasului, deci mişcarea moleculelor ar trebui să înceteze. Temperatura de -273°,18 este numită zero absolut, înţelegîndu-se prin aceasta că ea este limita inferioară a tempe-

caturilor.

Cercetările teoretice ale lui Walter Nernst arată că ne putem apropia de zero absolut, dar nu-l vom putea ajunge niciodată. Fizicianul de Haas (Leyda - Olanda) a ajuns pînă la temperatura de $0,001^{\circ}K$.

Iată un tabel cu diversele scări termometrice şi corespondenţele dintre ele:

Celsius	Reaumur	Fahrenheit	Kelvin
- 273,18	- 218,53	- 459,69	0
- 17,7	- 14,16	0	255,46
0	0	+ 32	273,18
+ 100	+ 80	+ 212	373,18

Transformarea gradelor Celsius în Kelvin, se face după formula: $^{\circ}K = ^{\circ}C + 273$

Dintre termometrele de sticlă cu lichid, ca lichide se folosesc: termometrul cu mercur (descoperit de Gabriel Daniel Fahreiheit 1685 - 1736) se poate întrebuinţa între temperaturile de $-38,87^{\circ}C$ şi $+357^{\circ}C$. Pentru temperaturi mai mici, pînă la $100^{\circ}C$ se foloseşte alcoolul etilic sau toluenul şi pînă la $-180^{\circ}C$ se întrebuinţează eter, petrol sau pentan. Pentru temperaturi superioare celei ale mercurului, se fac termometre cu mercur la care se adaugă un gaz (de obicei azot) la o presiune de cîteva atmosfere. Cu o sticlă greu fuzibilă se poate ajunge în acest caz pînă la $+600^{\circ}C$, iar cu sticlă de cuarţ topit, la $+750^{\circ}C$ presiunea fiind între 15-100 atm.

Cînd vrem să indicăm numai temperaturile cele mai mici sau cele mai ridicate (ori chiar amîndouă) folosim termometre speciale numite termometre de maximum, de minimum sau de maximum şi minimum.

1) Termometrul de maximum. Este termometrul care arată numai temperatura maximă ce se poate înregistra într-un anumit timp. El este un termometru obişnuit numai că la o mică distanţă de rezervor prezintă o gîtuitură care are rolul ca mercurul odată ridicat, să nu mai poată coborî.

Ca o aplicaţie a acestui fel de termometru, avem termometrul medical. Acesta este gradat în zecimi de grad şi cu o scară limitată între $+35^{\circ}C$ şi $+42^{\circ}C$ deoarece temperatura corpului uman este normal de cca $37^{\circ}C$. Pentru scoborîrea mercurului este destul să scuturăm energic de cîteva ori termometrul.

Condiţiile unui termometru medical bun sunt:

caturilor.

Cercetările teoretice ale lui Walter Nernst arată că ne putem apropia de zero absolut, dar nu-l vom putea ajunge niciodată. Fizicianul de Haas (Leyda - Olanda) a ajuns pînă la temperatura de 0,001 °K.

Iată un tabel cu diversele scări termometrice şi corespondenţele dintre ele:

Celsius	Reaumur	Fahrenheit	Kelvin
- 273,18	- 218,53	- 459,69	0
- 17,7	- 14,16	0	255;46
0	0	+ 32	273;18
+ 100	+ 80	+ 212	373;18

Transformarea gradelor Celsius în Kelvin, se face după formula: $°K = °C + 273$

Dintre termometrele de sticlă cu lichid, ca lichide se folosesc: termometrul cu mercur (descoperit de Gabriel Daniel Fahreiheit 1685 - 1736) se poate întrebuinţa între temperaturile de -38,87 °C şi +357 °C. Pentru temperaturi mai mici, pînă la 100 °C se foloseşte alcoolul etilic sau toluenul şi pînă la -180 °C se întrebuinţează eter, petrol sau pentan. Pentru temperaturi superioare celei ale mercurului, se fac termometre cu mercur la care se adaugă un gaz (de obicei azot) la o presiune de cîteva atmosfere. Cu o sticlă greu fuzibilă se poate ajunge în acest caz pînă la +600 °C, iar cu sticlă de cuarţ topit, la +750 °C presiunea fiind între 15-100 atm.

Cînd vrem să indicăm numai temperaturile cele mai mici sau cele mai ridicate (ori chiar amîndouă) folosim termometre speciale numite termometre de maximum, de minimum sau de maximum şi minimum.

1) Termometrul de maximum. Este termometrul care arată numai temperatura maximă ce se poate înregistra într-un anumit timp. El este un termometru obişnuit numai că la o mică distanţă de rezervor prezintă o gîtuitură care are rolul ca mercurul odată ridicat, să nu mai poată coborî.

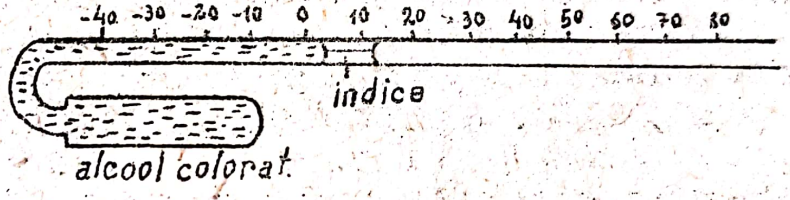
Ca o aplicaţie a acestui fel de termometru, avem termometrul medical. Acesta este gradat în zecimi de grad şi cu o scară limitată între +35 °C şi +42 °C deoarece temperatura corpului uman este normal de cca 37 °C. Pentru scoborîrea mercurului este destul să scuturăm energic de cîteva ori termometrul.

Condiţiile unui termometru medical bun sunt:

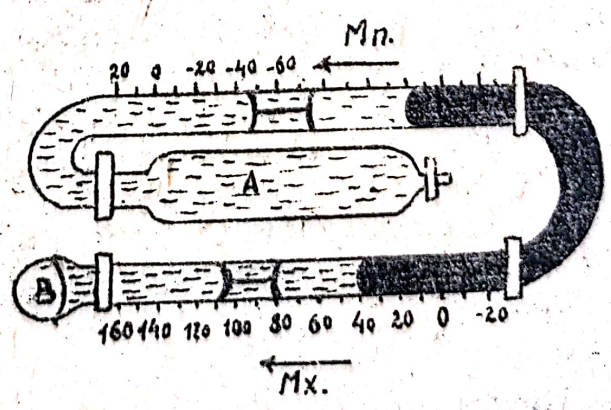
- să intre repede în echilibrul termic cu corpul, lucru ce se realizează în folosirea mercurului care fiind un metal bun conducător de căldură, intră repede în echilibru;

- să fie sensibil pentru o zecime de grad, lucru care se realizează prin folosirea un capilar foarte strîmt, iar dificultatea de a vedea astfel Hg este remediată prin forma conică ce se dă învelişului de sticlă, formă ce joacă astfel rolul unei lupe. Deasemenea din acelaşi motiv, termometrul trebuie să fie fabricat d intr-o sticlă superioară care să nu-şi schimbe volumul la variaţiile de temperatură.

2) Termometrul de minimum. Ca lichid are alcoolul colorat şi foloseşte un tub capilar destul de larg în care se găseşte deasemeni un indice de sticlă. Termometrul trebuie să stea numai orizontal. Cînd temperatura coboară, indicele este tras de suparafaţa alcoolului datorită adeziunii. El se coboară deci odată cu coloana de alcool. Cînd temperatura se ridică dintr-o cauză oarecare, alcoolul fiind fluid curge pe lîngă indice care astfel stă pe loc.



3) Termometrul de maximă şi minimă. Nu este altceva decît termometrul care reuneşte la un loc cele două sisteme descrise mai sus. Dintre aceste termometre, cel mai utilizat este termometrul lui Six şi Bellani ce are un rezervor în A ce este continuat cu un tub capilar îndoit în formă de U. In acest tub se găseşte o coloană de alcool ce este întreruptă de o coloană de mercur. In cele două capete ale coloanei de mercur sunt nişte bastonaşe mici de sticlă colorată care se pot mişca în tub cu oarecare frecare. Bastonaşele au în interior cîte o mică sîrmă de fier, aşa ca aducînd



piere un magnet, bastonaşele să se poată deplasa oriunde vrem de-a lungul tubului. In fine, deasupra alcoolului în B se găseşte un mic rezervor cu o cantitate oarecare de aer. Iată cum funcţionează acest termometru care la fel trebuie să stea numai culcat :

cînd temperatura se ridică, alcoolul din A se dilată iar mercurul împinge indicele dela B înainte care va arăta astfel temperatura maximă. La coborîrea temperaturii, Hg se retrage lăsînd indicele pe loc, dar în acelaşi timp alcoolul din rezervor se contractă iar mercurul din coloana din dreapta împinge indicele înainte. Acest indice ne va arăta minimum de temperatură deoarece după ce temperatura se ridică, lichidul din A se dilată, împinge mercurul, dar lăsînd pe loc indicele.

Termometre înregistratoare .Sînt termometre care înscriu pe o bandă de hîrtie, temperatura mediului în care se găsesc. Un astfel de termometru este format dintr-un rezervor metalic cu pereţii foarte subţiri şi îndoiţi în formă de cerc şi umplut cu petrol. Cînd petrolul se dilată, apasă asupra pereţilor curbaţi şi tinde să-i îndrepte. Printr-un sistem de pîrghie amplificatoare, mişcarea este transmisă unei peniţe care înscrie cu cerneală pe un cilindru, o curbă continuă. Cilindru se mişcă fiind acţionat de un mecanism de ceasornic şi de obicei are o astfel de viteză încît face o rotaţie completă în 7 zile aşa că pe curba obţinută avem variaţia temperaturii pe o săptămînă. Gradaţia aparatului se face prin comparaţie cu un termometru cu mercur.

Pe lîngă termometrele care se bazează pe dilatarea corpurilor sub acţiunea temperaturii mai sînt şi alte sisteme de termometre. De ex.:

- Termometre cu gaz în care corpul termometrului îl constituie o cantitate oarecare de gaz închisă în balon iar ca indicator serveşte determinarea presiunii acestei cantităţi la un volum anumit.

- Termometrul termoelectric al cărui corp îl alcătuieşte o sudură termoelectrică iar ca indicator serveşte t.e.m.care apar.

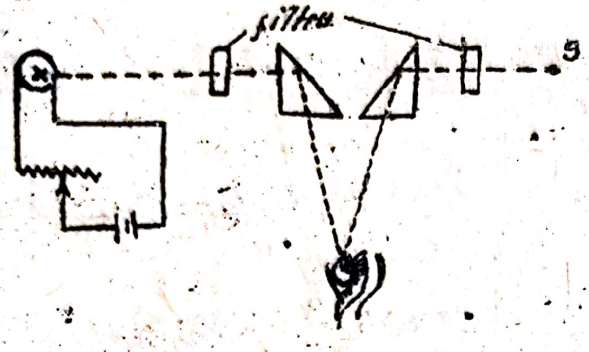
- Termometrul cu rezistenţă. Se ştie că rezistenţa electrică a metalelor variază cu temperatura după relaţia :

$$R_t = R_o (1 + \alpha t).$$

Se foloseşte ca corp termometric un fir de platină a cărui rezistenţă variază cu temperatura şi care al-

cătuieşte una din laturile punţii Wheatstone. Încălzind rezistenţa de platină, variază rezistenţa şi deci se modifică echilibrul.

- Pirometrul optic. Este alcătuit aşa cum arată fig.alăturată. Sursa de lumină emite radiaţii cu o lungime de undă de 6500 A (datorită unui filtru). Această lungime de undă se obţine dela un bec electric cu filament de tungsten a cărui intensitate se variază cu un reostat pînă ce imaginea filamentului se suprapune peste imaginea sursei de



cercetat (S) şi are aceeaşi culoare. Acest pirometru este folosit pentru temperaturi mari (peste 1500°C) putîndu-se evalua cu o precizie de 1°, temperaturi pînă la 2000° şi cu o aproximaţie de 5° pînă la 2500°.

Echilibre termice. Dacă două corpuri sînt în echilibru termic (au aceeaşi temperatură cu un al treilea - de ex. un termometru), ele vor fi şi în echilibru termic între ele. Din acest principiu se deduce că se pot compara stările termice a două corpuri fără să fie nevoie să le punem în contact direct.

Schimbări termice. O masă lichidă este în repaus într-un recipient în cari am pus şi un termometru. Dacă acesta marchează o variazie de temperatură, înseamnă că lichidul nostru a suferit o schimbare termică. Cauza cea mai frecventă a acestei schimbări termice este contactul sau apropierea de un corp mai cald sau mai rece decît primul. Să luăm toate precauţiunile ca temperatura să se menţie constantă cel puţin pentru un timp dat. Să introducem în acest recipient un al doilea vas ce conţine un lichid cu o altă temperatură. După un timp în care temperatura variază dela un lichid la altul, termometrul ne arată la ambele lichide aceeaşi temperatură căci un corp a luat dela celălalt o parte de căldură. Dar această schimbare termică ce se produce nu este arătată întotdeauna de o schimbare de temperatură. De ex. să scobim într-un bloc de gheaţă (la 0° deci) o cavitate pe care să o acoperim tot cu gheaţă. Formăm astfel un termostat în care dacă împlîntăm un termometru, ne va arăta 0°. Să vărsăm în această ca-

vitatea de 40 g.apă la 20°. Temperatura coboară foarte rapid la 0° şi dacă se ia apa din cavitate se găseşte de această dată 50 g. Deci în acest timp s-au topit 10 g.de gheaţă. Topirea a 10 g.ghiaţă apare echivalentă răcirii a 40 g.apă caldă de 20°. Dacă dublăm cantitatea de apă (80 g.apă la 20°), vom scoate 100 g.ghiaţă, deci s-au topit 20 g.ghiaţă. Acest dispozitiv a stat la baza construirii calorimetrelor.

Amestecuri refrigerente. Diverse amestecuri numite refrigerente coboară temperatura sub 0° C. Astfel:

ghiaţa (3 p.)+sare(1 p.)coboară temp.la -22°C
părţi egale de apă şi azotat de amoniu= -25°C
HCl (5 p.) + SO_4Na_2(8 p.) = -28°C
$ClCa_2$(3 p.) + ghiaţă pisată (2 p.) = -40°C
zăpada + potasiu = -46°C
zăpada carbonică + acetonă = sub -50°C

Explicaţii: să luăm exemplul gheţii şi a sării. Ghiaţa spre a se topi şi $ClNa$ spre a se dizolva, au nevoie de căldură. Această cantitate de căldură este absorbită de la amestecul ghiaţă - sare care pierzînd astfel o cantitate oarecare de căldură, îşi coboară temperatura.

Consideraţiuni biologice şi aplicaţii în medicină.

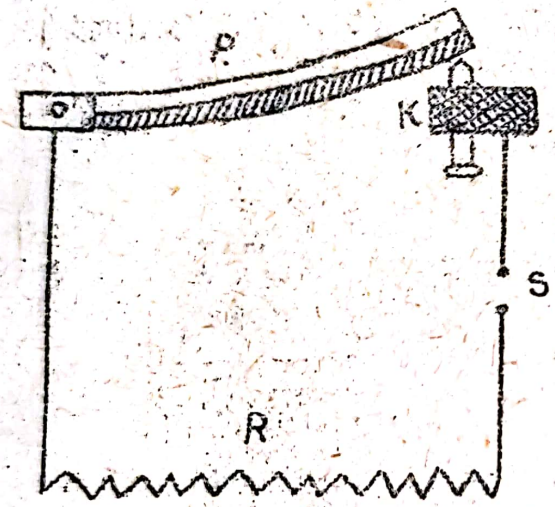
Atît temperaturile ridicate cît şi cele coborîte, sunt folosite foarte mult în medicină.

Astfel, temperatura ridicată este întrebuinţată în diverse aparate ce poartă numele generic de etuve. Acestea sunt folosite, în cea mai mare parte, pentru sterilizare prin utilizarea mediată a surselor de căldură. Etuvele se împart în 3 mari categorii şi anume: etuve cu lichid, cu gaz şi cu vaperi.

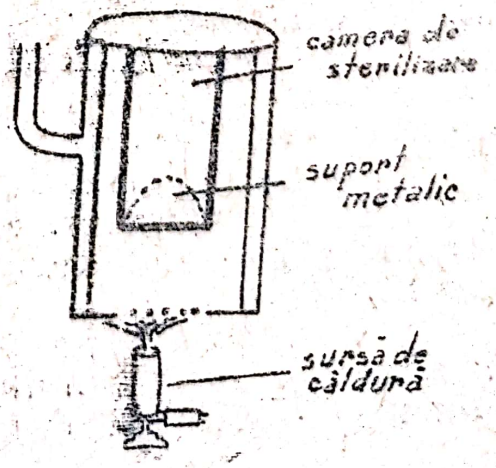
- Etuvele cu lichid (apa) şi mai ales cele cu gaz (aerul atmosferic) sunt numite şi termostate pentru că de cele mai multe ori se obţine cu ele o temperatură constantă în tot timpul utilizării.

Termostatele sunt folosite în special în lucrările de bacteriologie în vederea dezvoltării culturilor microbiene şi în particular acolo unde este nevoie de a se menţine temperatura constantă într-un spaţiu oarecare. Ele sunt formate dintr-o cutie ce constituie baia de apă sau de aer (etuva) şi în care se menţine temperatura constantă. Cutia este căptuşită cu un perete dublu de tablă, ce are rolul de a izola etuva de contactul direct cu exte-

riorul. Partea a doua a aparatului este reprezentată de termoregulator, ce este piesa care asigură temperatura constantă. Dintre diversele feluri de regulatori termici, noi îl vom descrie pe cel electric: o placă bimetalică (P) joacă rolul termometrului. Placa bimetalică este compusă din 2 plăci de metale diferite, de obicei de fier şi alamă, sudate una pe cealaltă. Din cauza coeficienţilor diferiţi de dilatare termică, placa se îndoaie în cazul creşterii temperaturii tot mai mult spre metalul ce are coeficientul de dilatare mai mic (în cazul de faţă fierul). In circuit se mai găseşte un şurub (K) de contact, prin înşurubarea căruia se poate regla aparatul pentru o temperatură mai mare sau mai mică şi o rezistenţă (R) ce produce temperatura necesară. In (S) se conectează o sursă de curent electric. Se înţelege că atît timp cît contactul (K) este închis, încălzitorul electric (R) funcţionează şi temperatura se ridică. La un moment dat, temperatura plăcii bimetalice atinge punctul termic dorit. Placa la o temperatură mai mare începe să se îndoaie şi contactul scăpînd, încălzitorul nu mai funcţionează, deci va începe să se răcească. La un anumit grad de răcire, placa îşi reia vechea formă şi astfel contactul se restabileşte.



Sunt şi etuve cu gaz care nu servesc pentru desvoltarea culturilor, ci din contra la distrugerea lor (sterilizare): în aparatele cu aer cald destinate sterilizării obiectelor de sticlă sau instrumentelor chirurgicale se obţin uşori temperaturi superioare lui 150°C, încălzind direct la un foc sau la o sursă oarecare de căldură, o cutie metalică simplă sau cu perete dublu. Astfel de aparate sunt: cuptorul de ars al lui Pasteur, etuva cu aer Poupinel, etc.

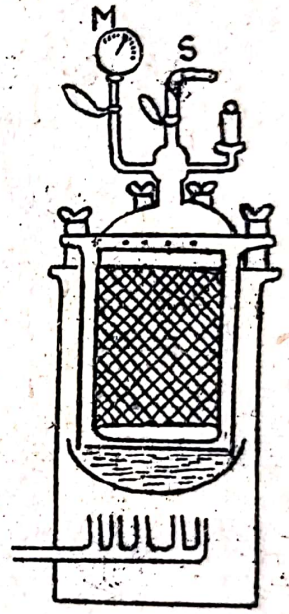


La astfel de etuve dacă sursa radiază o căldură

de cîteva sute sau chiar mii de grade, pot servi la incinerarea diferitelor obiecte şi chiar de cadavre animale şi umane. Se capătă astfel dispozitivele numite crematorii.

- Etuvele cu vapori folosesc vaporii fie sub presiune crescută, fie sub presiune normală.

Etuvele cu vapori sub presiune (oala lui Papin) sînt numite autoclave. Ele folosesc creşterea presiunii pentru a ridica punctul de fierbere. In adevăr, dacă vom încălzi apă într-un vas închis cu pereţii rezistenţi, vaporii care se formează măresc presiunea din interior şi temperatura trece de 100°C, fără ca apa să fiarbă, lucru ce se foloseşte în medicină tot pentru sterilizare, căci se ştie că anumiţi germeni ce formează spori, rezistă la 100°C şi că nu sînt distruşi decît la 120°C. Pentru a evita explozîile, orice autoclav are un manometru (M) ce arată presiunea şi o supapă de siguranţă (S), adică un orificiu închis cu un capac cu resort, care cedează cînd presiunea este aproape de a atinge limita de rezistenţă a cazanului.



Etuvele propriu zise sînt tot aparate sub presiune ce folosesc tot aburii pentru sterilizarea obiectelor infectate, prin contactul direct al vaporilor de apă saturaţi, sub presiune, la o temperatură de 108-115°C. Ele folosesc adevărata sterilizare umedă.

Pentru a şti ce punct de fierbere corespunde la o presiune dată, dăm mai jos un tabel :

Presiunea (Atm.)	1	2	3	4	5
p.de fierbere (°C)	100	121	123	144	152

Mai sînt şi alte etuve cu vapori şi anume etuvele cu vapori fără presiune (cu presiune normală) Dintre acestea :

- Unele care folosesc vapori de apă la 100°C. Ele sînt tot autoclave obişnuite însă au în permanenţă robinetul deschis ca astfel să nu se ridice presiunea.

- Altele care folosesc sistemul denumit pasteurizare şi care constă în încălzirea pînă la 70-75° urmată de o răcire bruscă. Prin încălzire se distr

germenii vii iar răcirea împiedică germinarea formelor de rezistenţă. Procedeul este aplicat la sterilizarea lichidelor supuse unei alterări rapide, în scopul de a le menţine mai mult timp în stare bună (laptele).

- Altele, în fine, care folosesc procedeul numit tyndalizare şi care se execută astfel : produsul este încălzit pînă la 56-65°C timp de o oră pe zi, pe o perioadă de 3-4 zile consecutive. Sub acţiunea căldurii umede şi prelungite, sporii sînt hidrataţi şi îşi pierd rezistenţa la căldură. Procedeul este folosit pentru sterilizarea lichidelor albuminoase (serul sanguin, lichidul de ascită şi unele medii de cultură).

Copii născuţi înainte de termen precum şi cei din alte cazuri patologice (cianoză, edem, etc) dacă sînt lăsaţi să respire în mediul ambiant, se observă că temperatura le scade pînă la 30°C şi chiar sub, temperaturi care în aceste cazuri produc de cele mai multe ori moartea. Experienţa a arătat că pentru a păstra viaţa acestor copii şi pentru a-i putea duce progresiv la temperatura fiziologică normală, metoda cea mai bună constă în aşezarea lor într-o încăpere cu temperatură constantă, asemănătoare celei în care trăiau înainte de naştere. S-au realizat astfel nişte termostate mari de sticlă numite cuveoze, în care li se asigură copiilor o temteratură constantă şi o ventilaţie suficientă.

Temperatura animalelor. Organismele animale au fost împărţite din p.d.v. al temperaturii lor în două mari grupe : animale cu sînge rece şi animale cu sînge cald.

Animalele din prima grupă au o temperatură variabilă (între oarecare limite) în funcţie de mediul exterior. Din această cauză ele au mai fost numite şi animale cu temperatură variabilă (poikiloterme).

Animalele din a doua grupă îşi menţin sîngele la o temperatură constantă şi deaceea au fost numite animale cu temperatură constantă (homeoterme).

Aproape toate animalele sînt poikiloterme afară de păsări şi mamifere. Termenul de animal cu sînge rece este de fapt impropriu căci deşi în adevăr multe din acestea au o temperatură sub 30°C, sînt unele, cum ar fi paraziţii ce au o temperatură superioară de 39°C. In orice caz aceste animale îşi

ridică greu temperatura lor cînd cea exterioară este superioară lor,dar o cedează mai uşor cînd aceştia au o temperatură superioară mediului ambiant.

Pe lîngă cele două grupe mari amintite mai sus, trebuie să mai adăugăm mamiferele şi păsările nou născute şi grupul hibernantelor.

La naşterea lor,mamiferele şi păsările nou născute n-au un sistem nervos bine dezvoltat pentru ca să se poată apăra contra variaţiilor de temperatură exterioară. Astfel ele răcesc cu atît mai uşor în mediul exterior,cu cît sînt mai tinere. Efectul este mai evident la animalele născute înainte de termen. Deaceea acestea trebuiesc plasate în cuveoze.

Sub numele de hibernante se înţeleg animalele ce se comportă ca un homeoterm cînd temperatura exterioară este destul de mare (de ex.ţîncul pămîntului). Cînd temperatura coboară sub 8°C,ele amorţesc şi în acelaşi timp temperatura lor scade şi nu întrece decît cu cîteva grade pe cea a mediului exterior (hibernează). Această amorţire este întreruptă de rare intervale în care animalul îşi goleşte rectul şi vezica sa şi în afară de aceasta,cînd temperatura sa corporală scade sub 6°C,animalul se deşteaptă şi face diverse mişcări ce îi ridică temperatura.Alte animale (de ex.ursul)au facultatea de a dormi în timpul iernii,dar temperatura lor nu coboară deloc (false hibernante).

Animalele homeoterme sînt acelea care ne interesează pe noi deoarece în grupul lor intră şi omul.

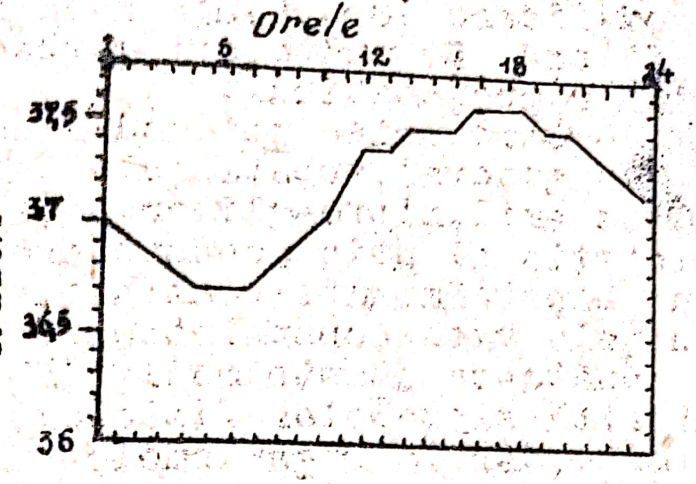
Temperatura se ia cel mai obişnuit cu termometrele cu mercur însă acestea prezintă mari inconveniente şi nu pot da decît rezultate comparative.Cele mai sensibile şi precise sînt termometrele termoelectrice.

Curba termică prezintă diverse variaţii.Dintre factorii care fac să varieze temperatura,cităm :

- Locul. Deşi temperatura se ia mai comod în axilă,totuşi rezultate mai precise se obţin dacă se măsoară în rect. Temperatura axilară este inferioară în medie cu 0,74°C celei rectale,dar care diferenţă din nenorocire nu este constantă. Temperatura bucală este de regulă inferioară celei rectale cu 2-3 zecimi de grad.

- Curba cotidiană. În condiţii normale,temperatura rectală oscilează cu cca.1°C în 24 ore şi anume

se constată un minim dimineaţa la ora 6 şi un maxim la ora 18. Curba temperaturii axilare prezintă variaţii mai mari, de oca.1,3°C cu un minim la ora 3 (36,1°C) şi un maxim la ora 18 (37,4°C).



Curba poate varia ca formă în funcţie de locul în care se ia şi anume, la cea rectală se constată o curbă cu variaţie lentă cu un maxim şi un minim, în timp ce la cea axilară apar două maxime, unul mic la ora 7, urmat de o cădere termică pasageră, vine apoi o pericadă ascensională ce ajunge la al doilea maxim corespunzător temperaturii rectale (la ora 17-18).

- Influenţa vîrstei. Se prezintă variaţii numai în primele două zile de la naştere. In rest, variaţiile sînt nule. La naştere copilul are 38,8° apoi scade repede la 36,6°C pentru a se ridica şi să se menţină în tot timpul copilăriei o valoare puţin superioară celei a adultului (37,6°C).

- Influenţa climatului şi a temperaturii exterioare. Diferenţele care se constată între diferitele rase de oameni ţin numai de climat căci atît europenii cît şi indigenii de la ecuator au o temperatură de oca.38°C, în timp ce în ţările nordice se admite o temperatură normală de 36,4°C. Maximum termic zilnic ce apare în Europa dimineaţa între orele 3 şi 4, este atins în ţările tropicale la ora 10.

- Influenţa activităţii musculare. Este un factor foarte important căci activitatea musculară este o sursă importantă de energie calorică în organism. In tot cazul, travaliul muscular nu ridică temperatura decît cu 0,5-0,7°C şi în curînd după încetarea activităţii musculare, temperatura revine la normal. Exerciţiile intelectuale ridică temperatura cu 0,1-0,2°C.

- Factorul patologic produce cele mai mari modificări căci s-au observat variaţii între 22,6°C şi 46°C. Afecţiunile în care se observă temperaturi foarte ridicate sînt : scarlatina, reumatismul, tetanusul, histeria, socul de căldură. Temperaturi sub

normale se observă în holeră. In afară de aceste variaţii extreme, în cazurile patologice se observă o modificare importantă a curbei termice în timp de 24 ore. De multe ori curba febrei dă diagnosticul sau prognosticul.

- Otrăvurile pot modifica şi ele curba termică. In general, substanţele vaso-dilatatoare (nitritul de amil, nitro-glicerina, etc) ce exagerează vasodilataţia şi prin aceasta cresc radiaţia termică, sînt hipotermiante centrale. Invers acţionează substanţele vaso-constrictoare. In cazuri de organisme sănătoase aceste modificări sînt extrem de mici datorită sistemelor fiziologice de reglare a temperaturii; dar la organismele cu un sistem nervos perturbat, acţiunea lor va fi energică. Ca regulă, acţiunea hipo sau hipermiantă a substanţelor toxice este legată în mod esenţial de acţiunea lor asupra activităţii celulare, prin intermediul sistemului nervos. Se poate spune că orice otravă ce stimulează sistemul nervos (stricnina, veratrina, cocaina, etc) determină o ridicare termică, în timp ce acelea care înhibă sistemul nervos şi prin urmare diminuă tonicitatea generală (cloroformul, cloral hidratul, eterul, alcoolul, morfina, etc) duc la o coborîre a temperaturii.

Repartiţia temperaturii. Nu este în tot organismul uman aceeaşi temperatură căci temperatura unei regiuni date depinde pe de o parte de intensitatea fenomenelor chimice producătoare de căldură şi pe de altă parte, de pierderile calorice prin conductibilitate, convecţie şi iradiere (cînd este vorba de suprafaţa corporală). Astfel ficatul ce este organul cu o activitate chimică intensă, are o temperatură cu 1°C mai ridicată decît cea a rectului.

Cel mai bun mijloc de a studia temperatura diverselor organe este de a explora temperatura sîngelui în lungul vaselor cu ajutorul aparatelor termoelectrice. Iată rezultatele cele mai principale:

- Sîngele cordului drept este mai cald (38,3°) decît cel al cordului stîng (38,1°C).

- Temperatura sîngelui arterial scade spre periferie, iar temperatura sîngelui venos este în general inferioară celei a sîngelui arterelor corespunzătoare în membre. In aceste regiuni pierderea de căldură prin radiaţie este mai mare decît produc-

ţia.

- In ce priveşte sîngele venos,se constată două departamente :

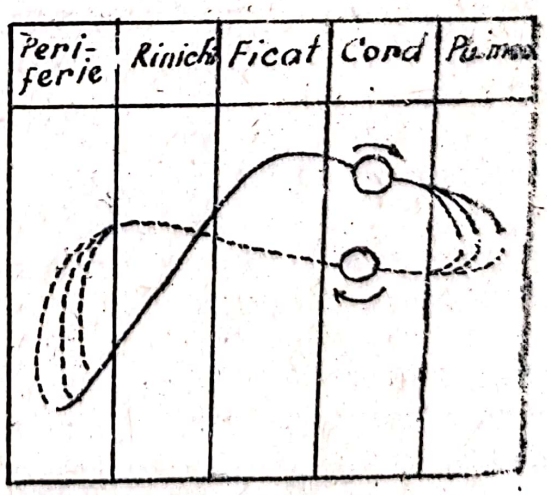
a)vinele ce vin dela piele au un sînge rece(de ex.sîngele jugularei este mai rece decît cel al carotidei cu 1°C);

b)sîngele venos ce provine dela viscerele abdominale (mai ales de la ficat)este mai cald decît cel aferent al aceloraşi organ. Maximum de temperatură s-a constatat în sîngele venei cave inferioare,fapt ce se explică prin intensa activitate chimică ce se petrece în acest organ cu funcţii multiple. Diferenţa mică de temperatură dintre cordul drept şi cel stîng se explică prin faptul că în cordul drept se varsă şi vena cavă superioară ce are sînge rece.

- La nivelul pulmonilor,răcirea depăşeşte de asemeni producerea,de unde rezultă o temperatură mai coborîtă în venele decît în arterele pulmonare.

Diferenţele de temperatură în interiorul organismului sînt cu toate acestea foarte mici.Ele nu depăşesc o zecime de grad. Din contra,temperatura suprafeţei exterioare este mult mai variabilă. Astfel sînt regiuni calde în care temperatura întrece 35,5°C,regiuni călduţe în care temperatura variază între 35,5°C şi 33,5°C şi regiuni reci cu o temperatură sub 33,5°C.

Dăm alăturat pe schemă care sintetizează toate aceste date şi cari arată cum sîngele se încălzeşte în viscere unde se produc reacţii exoterme şi se răceşte în regiunile în care este în raport mai mult sau mai puţin direct cu exteriorul.



Se pot observa temperaturi anormale în funcţie după cum animalul este agitat sau imobil.Astfel iepurii au adesea temperaturi coborîte iar cîinii temperaturi ridicate. Dacă se lucrează cu termometre cu mercur este bine de a încălzi întîi puţin termo-

metrul sau de a-l introduce progresiv în anus, pentru a nu răci regiunea de explorat.

La întoarcerea în circulaţia aortică, o parte din sîngele cald curge în reţeaua arteriolă şi capilară subcutană şi va încălzi astfel pielea care în contact cu un mediu mai rece, tinde să se răcească. Deci conflictul dintre căldura produsă de organism şi mediul exterior se produce la nivelul reţelei sanguine subcutanate, veritabil radiator aşezat la periferie.

Temperatura după moarte. După o moarte violentă, corpul începe să răcească imediat. In moartea naturală ce survine din cauza unei afecţiuni morbide oarecare, temperatura începe să scadă înainte de oprirea cordului. In alte cazuri, din contra, după moarte temperatura se ridică şi se menţine astfel un timp oarecare (în cazuri febre infecţioase şi traumatisme ale creerului).

Influenţa temperaturii asupra funcţiilor organice. Fără a intra în studiul mecanismului, vom arăta cîteva din modificările ce le aduc variaţiile termice asupra funcţionării principalelor sisteme organice. Astfel :

- Circulaţia. La animalele cu sînge rece, ritmul cardiac este în funcţie de temperatură. In ce priveşte limitele compatibile cu contracţia cardiacă, acestea diferă dela autor la autor, în medie între 10 şi 50°C.

- Sîngele. Elementele figurate sînt destul de rezistente la temperatură. Astfel ele rezistă pînă la 50°C cînd leucocitele prezintă mişcări amoebiene.

- Vase. Se cunoaşte rolul jucat de dilatarea sau constricţia lor în reglarea termică. După A. Mosso pereţii lor nu se contractă decît între 3 şi 40°C, iar dela aceste limite fibrele musculare şi pereţii vaselor pierd contractibilitatea lor.

- Respiraţia. Fenomenele mecanice ale respiraţiei sînt influenţate de variaţiile termice, ele accelerîndu-se după creşterea temperaturii mediului interior.

- Aparatul digestiv. Influenţa temperaturii asupra acestui aparat este indiscutabilă. Se ştie că agenţii activi ai digestiei sînt fermenţii care pierd acţiunea lor la o temperatură oarecare a mediului umed. Sînt mai rezistenţi la un mediu

uscat şi în fine au un maxim de activitate la temperatura proprie a animalului. Acelaşi ferment acţionează la optimuri diferite după cum animalul este homeo sau heteroterm.

Limitele de temperatură compatibile cu viaţa.

Sînt foarte variabile în funcţie de o sumedenie de factori, dintre care citãm : influenţa factorului biologic, a umidităţii, a antrenamentului, etc.

Factorul biologic este cel mai important. Astfel s-au văzut alge care se dezvoltă foarte bine la temperaturi superioare lui 50°C. Insă s-a observat că animalele încep să moară rapid dela temperatura de 63°C. Totuşi rezistenta la temperaturile ridicate creşte cu uscăciunea. Animalele rezistă mai bine la temperaturi mici. Astfel un cîine a putut fi menţinut în viaţă timp de peste o oră deşi a fost introdus într-un răcitor în care temperatura era de - 92°C. Omul este destul de rezistent căci sînt compatibile cu viaţa atît temperaturile ecuatoriale cît şi cele polare.

Dacă ne referim însă la limitele compatibile cu viaţa pe care le poate atinge organismul uman, se constată că şi acestea sînt destul de variabile. Deşi se socoate că temperatura de 32-33°C provoacă moartea, totuşi se citează cazuri în care temperatura organismului era sub această limită (cazul unui alcoolic îngheţat care avea temperatura de 26°C şi care totuşi a putut fi adus la viaţă). Limita superioară se socoate în jurul lui 45°C, însă această temperatură poate fi depăşită în unele boli fără să se producă moartea.

Căldura şi frigul în patologia medicală. Ca acţiune daunătoare a temperaturii ridicate asupra organismului, avem şocul de căldură care nu trebuie confundat cu insolaţia, deşi de multe ori aceste două fenomene morbide se asociază.

Şocul de căldură determină o serie întreagă de accidente neplăcute, unele generale, altele locale. Cercetările experimentale au demonstrat că în urma hiperemiei (peste 42°C) arderile sînt exagerate producîndu-se mari cantităţi de CO_2, funcţia renală şi a ficatului devin insuficiente, fenomene ce au drept urmare anuria şi o stare comatoasă în urma autointoxicaţie. Sîngele unor astfel de animale injectat la martori normali, determină accidente asemănătoare. La

om s-a observat că în cazurile în care este o ventilaţie pulmonară defectuoasă (leziuni pulmonare), la cei cu leziuni hepatice,renale,alcoolici şi la cei ce fac eforturi musculare intense,aceste fenomene se produc mult mai uşor deoarece organismele acestora nu pot oxida produşii toxici rezultaţi în urma factorului termic.

Apariţia şocului de căldură se indică prin următoarele simptome : dureri de cap,transpiraţii puternice,oboseală, astenie,faţa este cianozată,ritmul respirator şi circulaţia sînt accelerate.Bolnavii au sete intensă,greţuri,vîrsături,ascensiuni febrile,crampe musculare,dureri în epigastru,uneori diaree. Simptomele se pot accentua,producîndu-se adinamie,somnolenţă. In cazurile grave apar stările comatoase. Simptomul favorabil este apariţia poliuriei. Cînd eforturile musculare se produc într-o atmosferă umedă,simptomele de mai sus pot apărea la o temperatură destul de mică (25-30°).

Tratamentul constă în întreruperea efortului muscular şi plasarea individului la umbră,unde se dezbracă de hainele ce-l jeneză. Se aplică comprese reci pe cap şi se administrează cardiotonice, eventual vene punctii. Convalescenţa durează cîteva zile cu senzaţii de adinamie,somnolenţă.

Ca fenomene locale,căldura produce arsuri care în funcţie de profunzimea lor,se împart în arsuri de gradul 1,2,3. Dar de o importanţă mai mare decît profunzimea arsurii este locul în care se găseşte şi mai ales întinderea ei.

Frigul produce asupra organismului,întocmai ca şi căldura fenomene generale şi locale.

Accidentele generale survin la debili,denutriţi,alcoolici. Alţi factori favorizanţi sînt : oboseala,vîntul,umiditatea. Intr-o primă fază fenomenele se caracterizează printr-un mers nesigur, slăbire pronunţată,turburări de vedere. Intr-o a doua fază apare somnolenţa,stare comatoasă,hipotensiune,dispnee,bătăi cardiace surde,respiraţie superficială şi rară,puls mic. Bolnavii prezintă o stare de apatie extremă. Daçă nu se intervine,survine moartea prin paralizia inimii sau asfixie în urma anemiei cerebrale. In tot cazul,sînt expuşi complicaţiilor grave(pneumonia).

Tulburările prin frig se pot produce prin mai multe mecanisme :

- Acţiunea directă a frigului produce inflamaţia mucoaselor căilor respiratorii superioare ce este precedată uneori de frisoane,tremurături ale muşchilor maseteri,piele de găină (reflex pilomotor). Vîntul rece acţionînd asupra obrajilor poate provoca paralizia nervului facial şi poate fi un factor determinant în apariţia sciaticei,lombago,etc.

- Prin tulburări humorale se produc accidente coloido-clazice ca hemoglobinuriile.

- Prin iritarea fibrelor simpatice periferice se provoacă modificări fizico-chimice ale humorilor,schimbări de pH ce pot favoriza dezvoltarea unor boli (pneumonia,reumatismul,etc.).

- Prin modificări fizico-chimice care favorizează dezvoltarea microbilor.

Unii indivizi sînt mai sensibili faţă de acest agent,avînd o rezistenţă redusă.

Accidentele locale ale frigului (degerăturile) se produc la nivelul părţilor descoperite ale corpului : mîini,picioare,nas. Factorii favorizanţi sînt imobilitatea prelungită,încălţămintea strîmtă, surmenajul fizic,alcoolismul şi stările de hipoavitaminoză. Intocmai ca şi arsurile,degerăturile se împart în trei grade :

Gradul 1 se caracterizează prin dureri locale violente care survin în crize,jenă în mers.Durerile se accentuează la statul în poziţie orizontală sau la căldură. Apar parestezii,furnicături,arsuri şi senzaţii de deget mort. Pielea la început palidă,devine eritematoasă cu uşcară tumefiere locală.

Gradul 2 se prezintă cu edem,flictene cu un conţinut clar sanghinolent. Dacă se sparg flictenele apar dureri mari. Cicatrizarea se face lent.

Gradul 3 se prezintă prin apariţia de escare în locul flictenelor,leziuni profunde de necroză, gangrene sanghinolente. Edemele se întind iar infecţiile supraadăugate transformă gangrena uscată în umedă cu stări septice,ascensiuni febrile,frisoane şi tulburări trofice.

Ca complicaţii se semnalează hipoestezia, anestezia sau criestezia regiunii degerate,fenomene ce pot dura mult timp. Leziunile de gradul 3 se delimitează eliminîndu-se un deget sau o falangă, de unde s-a produs degerătura. Pot apare şi nevrite şi tulburări trofice locale.

Tratamentul constă în frecţionarea regiunii cu zăpadă. Incălzim progresiv bolnavul prin băi prelungite dela 16 la 30°C în decurs de 2 ore.Se administrează tonice periferice şi ser fiziologic intravenos.

Dar pe lîngă acţiunea nocivă,factorii termici mînuiţi cu ştiinţă sînt folosiţi în patologia medicală şi chirurgicală în combaterea unor boli. Astfel frigul are aplicaţii generale şi locale.

Ca aplicaţii locale,răcirea pielii produsă de un jet de clorură de etil,determină o scădere accentuată a temperaturii pielii şi a ţesutului celular subcutanat. Această scădere care durează cîteva minute produce o anestezie ce permite mici operaţii chirurgicale. Frigul intens aplicat în scop terapeutic (crioterapia) se face cu administrări locale de CO_2 solidificat (zăpada carbonică)ce se obţine la emisiunea de CO_2 din butelii metalice la presiunea de 50 atm. Dispozitivul numit criocauter este alcătuit dintr-un tub metalic terminat cu un vîrf ascuţit,rotunjit sau plat ce se aplică pe locul de tratat. Zăpada carbonică produce o temperatură de - 80°C,temperatură ce determină congelarea şi care poate duce,în funcţie de durata aplicaţie,pînă la necroză. Aplicaţiile durează 10-30" după natura afecţiunii şi scopul urmărit. Această terapie se aplică în unele afecţiuni cutanate(angioamele,nervi pigmentari,lupus eritematos,etc.).

Ca aplicaţii generale,frigul,de parte de a fi un element dăunător organismului,este din contra un excitant preţios graţiei unui aparat termoregulator foarte sensibil. Organismul reacţionează la frig opunîndu-i spre apărare reflexe care cer o antrenare progresivă din partea organismului. Acţiunea binefăcătoare a frigului este căutată în cura de altitudine unde va fi utilizată la maximum.Astfel s-a remarcat că la munte există o discordanţă între temperatura suprafeţei cutanate a omului reîncălzită prin razele solare şi masa de aer ce-i serveşte respiraţiei răcită continuu de către vînturi. Rezultă că interiorul organismului,prin intermediul mucoasei pulmonare,se găseşte la o temperatură inferioară faţă de aceia de la părţile periferice în contact cu tegumentele. Această diferenţă de temperatură ameliorează randamentul maşinei umane prin faptul că arderile sînt mai perfecte. Astfel

se constată că în climatul de munte se execută mai uşor un travaliu muscular decît în climatul obişnuit. S-a insistat cu drept cuvînt asupra rolului dezintoxicaţiei tuberculoase prin cura de frig, căci răcirea tegumentelor cerînd un efort de termoreglare, atrage o creştere a schimburilor respiratorii şi ca urmare o imperioasă nevoie de consum nutritiv. Creşterea apetitului este unul din rolurile importante ale frigului în contra anorexiei tuberculoşilor. Efectul este mai pronunţat iarna. Rolul excitant al frigului se exercită şi asupra celorlalte funcţii deficiente, stimulînd mai ales sistemul nervos şi favorizînd un somn reparator. Trebuie să mai remarcăm că altitudinea nu este caracterizată nu mai prin frig ci şi prin diferenţele termice importante observate la umbră şi la soare în cursul aceleaşi zi şi de la o zi la alta. Astfel localitatea Davos este adăpostită într-o vale în care valoarea temperaturii în frig este sensibil aceeaşi tot cursul anului. De obicei se pot observa variaţii brusce de temperatură în cursul aceleaşi zile. Văile adînci din munţi au totuşi o amplitudine a temperaturii cu mult mai mare decît a cîmpiei. Curba termică este mai puţin stabilă vara decît iarna, fapt care explică de ce la munte iarna este anotimpul cel mai frumos. Frigul însă trebuie prescris cu prudenţă în cazurile de tbc. evolutivă, căci sub influenţa lui se pot constata adeseori exagerări ale frisoanelor, febrei, hemoptiziei, etc.

Este contra indicat la bacilarii bronşici, la renali, în afecţiunile reumatismale, etc.

Tot în cadrul terapiei prin frig trebuie să mai pomenim şi de hidroterapia rece. Apa rece (10-15°) se întrebuinţează timp scurt şi provoacă în organism un dezechilibru : contracţii musculare puternice, vaso-constricţie periferică şi vasodilataţie centrală, puls accelerat, creşte tensiunea arterială. Fenomenele sînt urmate de un efort al întregului organism de a restabili un echilibru. Apa rece are astfel o acţiune excitantă asupra sistemului nervos (nervii cutanaţi şi sistemul neurovegetativ) şi o acţiune dinamică reflexă asupra nervilor motori şi a sistemului simpatic, influenţînd astfel funcţia tuturor muşchilor şi a organelor interne. Baia rece are deci un efect tonic general.

Intrebuinţarea căldurii în terapie poartă nume-

le de termoterapie,rezervîndu-se numele de crioterapie aplicaţiilor de rece. Limita dintre aceste două temperaturi este dată de temperatura normală a pielei (cca.35°C).

In cazul de căldură organismul se apără prin vaso-dilataţie,evaporare şi transpiraţie. Aceste reacţii de apărare se caută în termoterapie.Ca şi frigul,căldura se poate aplica local şi general.

Local,căldura provoacă hiperemie. Dacă se trece peste o temperatură ce nu o suportă organismul, se face cauterizarea chirurgicală.

Aplicaţiile generale termoterapice cuprind două moduri diferite şi anume : căldura exogenă (prin intermediul pielii)şi căldura endogenă (cu toată rezistenţa pielii),caz care cuprinde diatermia şi care este studiată la capitolul electricităţii. Ne vom ocupa aci nu mai de căldura exogenă. Această căldură are vehiculi lichizi şi gazoşi.Ca vehicol lichid se utilizează nu mai apa şi formează astfel o ramură din hidroterapie. Ca vehicol gazos se utilizează vaporii fie sub formă de băi sau de duşuri.

Băile sînt socotite neutre (călduţe între 30 şi 35°). Băile calzi (dela 35-40°C)provoacă perturbaţii mai puţin accentuate decît băile cu apă rece şi pentru restabilirea echilibrelor nu cer din partea organismului un efort aşa de intens. Spre deosebire de apa rece,apa caldă produce vasodilataţie periferică cu vasoconstricţie viscerală,deci cu gonirea sîngelui spre periferie. Scade tensiunea arterială şi tonusul muscular şi are o acţiune sedativă asupra sistemului nervos. Are deci o acţiune deprimantă. Cînd băile se fac în mare,avem talasoterapia la care se adaugă acţiunea apei şi izbirea neîntreruptă a valurilor de apă sărată de organism. Acest din urmă fenomen provoacă un masaj puternic al musculaturii care este obligat astfel să execute o gimnastică intensă spre a rezista acţiunii valurilor. In talasoterapie mai intervin însă şi alţi factori,dintre care şi luminozitatea. Băile de nisip fierbinte permit să se suporte temperaturi foarte ridicate din cauză că evaporarea cutanată se face uşor.

Duşurile cuprind o sursă de aer şi una de căldură. Ca sursă de aer poate servi un ventilator,o pompă,etc.iar ca sursă de căldură poate fi o rezistenţă electrică,alcoolul,lemnul,etc. Un duş de aer

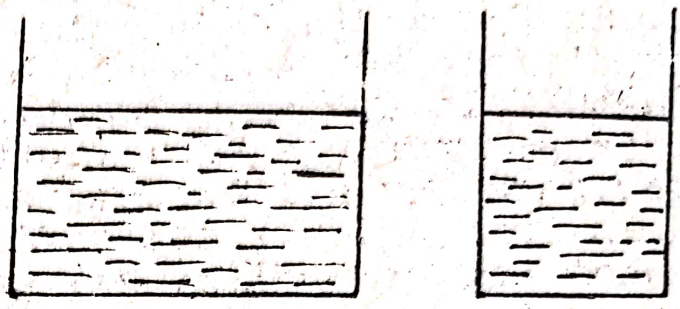
trebuie să aibă un debit constant cu o temperatură ce poate oscila între 50 şi 600°C. Presiunea este utilă uneori, mai ales în cauterizări. Cu un duş de aer cald se poate face o simplă hiperemie şi înroşirea pielii, fără sudaţie aparentă, stare care uşurează mult masajul din cauza analgeziei ce se obţine. Se fac şedinţe dela 10-30' întrebuinţînd temperaturi dela 100-150°C (în badijonaje rapide) sau de 50-60°C în aplicaţii continui. Pentru cauterizări temperatura aerului trebuie să depăşească 55°C. Cauterizarea este întotdeauna superficială.

In fine, căldura poate fi aplicată prin contactul unor corpuri solide cum ar fi cataplasmele de făină, muştar, amidon, etc. ce acţionează atît prin factorul termic cît şi prin proprietăţile excitante cutanate ale substanţei întrebuinţate. Mai pomenim de buiotele cu apă caldă sau de rezistenţele electrice sub formă de perne moi ce se aplică în diferite regiuni.

Indiferent de felul aplicaţiei, căldura are următoarele efecte terapeutice : este hiperemiantă, rezolutivă, usucă plăgile, bactericidă, trofică, uşurează regenerarea ţesuturilor, favorizează glandele şi metabolismul. Dar dintre toate efectele cel mai important este cel analgezic, fapt care face ca ea să fie utilizată în special în afecţiunile dureroase, mai ales reumatismale.

Energia calorică (cantitatea de căldură).

Nu trebuiesc confundate între ele noţiunile de cantitate de căldură cu cea de temperatură(noţiune ce a fost studiată pînă în prezent). In adevăr,două corpuri pot să aibă aceeaşi temperatură şi totuşi să conţină cantităţi de căldură diferite, tot aşa după cum două vase pot să conţină cantităţi de lichide diferite,deşi nivelul este acelaşi în ambele vase.



De aici s-au tras următoarele legi ale cantităţii de căldură :

- un kg.dintr-un corp oarecare,la o aceiaşi temperatură conţine întotdeauna o aceiaşi cantitate de căldură;
- cantitatea de căldură a unei mase oareeare este proporţională cu acea masă.

Natura căldurii.

Nenumărate observaţii zilnice ne arată că putem obţine căldură nu numai de la corpurile mai calde ci şi prin alte mijloace cum ar fi frecarea, lovirea,arderea,electricitatea,etc.,deci în toate cazurile în care se produce o cantitate oarecare de energie. Un exemplu tipic îl constituie modul cum obţin căldură popoarele înapoiate (prin frecarea a două bucăţi de lemn).

In general căldura se produce acolo unde se face un lucru mecanic. Dar lucrurile sînt reversibile căci se poate produce şi lucru mecanic din căldură (de ex.din căldura căldării unei maşini se obţine tracţiune). Deoarece ca rezultat al unui lucru mecanic efectuat se obţine căldură şi invers, la dispariţia unei cantităţi oarecare de căldură se efectuează un lucru mecanic,se naşte întrebarea firească : oare căldura este energie sau nu?

Să vedem cum s-a răspuns din vechime la această întrebare.

Pînă la mijlocul veacului trecut imensa majoritate a savanţilor considera căldura ca o materie specială fluidă şi imponderabilă,numită "caloric",

"termogen" sau "flogiston". Adepţii acestei teorii materiale a căldurii admiteau că termogenul ca orice substanţă nu se poate crea sau distruge ci poate doar să treacă de pe un corp pe altul.

Această greşeală a devenit evidentă atunci cînd s-a arătat posibilitatea obţinerii oricărei cantităţi de căldură pe seama lucrului mecanic şi a altor forme de energie şi după ce s-a stabilit raportul constant dintre lucrul mecanic consumat şi căldura ce apare din aceasta. Printre puţinii cercetători (Boyle,Hooke,Bernoulli)care nu admiteau acest fel de a vedea era şi marele savant M.V.Lomonosov (1711-65). El aduce o serie de dovezi în baza cărora ajunge la concluzia că natura căldurii se reduce la mişcarea interioară a particulelor unui corp.Deci căldura nu este altceva decît energia produsă din mişcarea particulelor (mişcarea browniană). Acest studiu a jucat un rol extrem de important în istoria dezvoltării fizice şi ne-a dat multe explicaţii simple şi logice a unor serii întregi de fenomene ce se petrec în natură. Potrivit acestui studiu,moleculele tuturor corpurilor,pînă la zero absolut,se găsesc într-o mişcare continuă. Prin această mişcare mai mare sau mai mică se explică starea lor termică şi senzaţiile de căldură sau de răceală pe care le avem cînd atingem un corp oarecare.

Din aceste considerente s-au dedus următoarele legi :

- căldura este o formă de energie,ea este energia de mişcare invizibilă a moleculelor corpurilor şi ca orice fel de energie se supune regulii generale,adică legii conservării energiei;
- între unităţile de măsură ale lucrului mecanic şi cele ale căldurii trebuie să existe un raport bine determinat,o echivalenţă.

Cu cît este mai mare viteza de mişcare,cu atît este mai ridicată temperatura acelui corp şi cu atît este mai mare şi rezerva lui de energie termică. Transformarea lucrului mecanic în căldură se explică prin transformarea unei mişcări vizibile într-una invizibilă (moleculară). Fenomenul invers se explică prin aceea că cu cît se dă o căldură mai mare,adică o mai mare cantitate de energie,particolele materiale capătă o energie cinetică mai mare şi pot produce astfel un lucru mecanic.

Scanned with OKEN Scanner

Izvoare de căldură.

Izvoare de căldură vor fi astfel izvoarele de energie. Aşa că dintre acestea citãm :soarele, frecarea,reacţiile chimice (arderea),condensarea vaporilor,curentul electric,etc.

Propagarea căldurii.

Căldura se poate propaga prin una din trei modalităţi : prin curenţi (convecţie),prin conductibilitate şi prin radiaţii. Nu mai în primul caz căldura se propagă prin transport de materie.

- Prin curenţi (convecţie) propagarea se explică prin aceea că trebuie să existe diferenţe de temperatură şi de densitate. Diferenţa de densitate duce la o diferenţă de presiune,ca urmare echilibrul se strică şi iau naştere curenţi. Acest mod de propagare se poate face numai în corpurile lichide şi gazoase la care coeziunea moleculară permite particolelor să se deplaseze uşor. Pe o astfel de transmisie se bazează principiul încălzirilor centrale.

- Prin conductibilitate energia termică se transmite dela moleculă la moleculă,poziţiile moleculelor unele faţă de altele rămânînd aceleaşi.Acest fel de propagare se face la corpurile solide,dar totuşi au şi fluidele o mică conductibilitate termică. Nu toate corpurile au aceeaşi conductibilitate,astfel :

Metale				Fluide	
Argint	1	Porţelan	0,003	Apa	0,001
Cupru	0,96	Sticlă	0,002	H	0,0004J
Aur	0,75	Sulf	0,0005	He	0,00033
Aluminiu	0,48	Plută	0,0001	Ne	0,00011
Zinc	0,26			Cripton	0,00002
Fier	0,20			Aer uscat	0,000058
Platină	0,14			Aer umed mai bună	

Vidul are conductibilitatea nulă.

Din acest tabel se vede că metalele au cea mai bună conductibilitate termică. Dacă turtim o riacără cu o pînză metalică observăm că flacara nu străbate deasupra pînzei din cauză că metalul fiind bun conducător,împrăştie căldura şi gazele care trec prin pînză se răcesc şi se sting. La începutul sec.XIX englezul Davy a folosit fenomenul bunei conductibilităţi termice a metalelor pentru construirea unor lămpi de siguranţă necesară lucrărilor din mină unde

există pericolul exploziilor din cauza gazului metan. Flacăra lămpii lui Davy este înconjurată din toate părţile cu o sită de aramă prin deschizăturile căreia aerul pătrunde uşor în interiorul lămpii. Dacă se acumulează gaz metan, el pătrunde în lampă, produce aprinderea (o mică explozie) şi flacăra se stinge repede. Deoarece sita de aramă are o bună conductibilitate termică, căldura care se formează în timpul aprinderii se răspîndeşte dintr-odată prin toată sita şi temperatura ei nu se ridică prea mult, astfel că explozia se limitează la partea interioară a lămpii.

Dintre lichide, numai Hg are o conductibilitate mai mare, urmînd apoi apa. Apa menţine astfel egalitatea de temperatură între celule vecine şi în interiorul unei aceleiaşi celule, cu toate cauzele de dezechilibru datorite metabolismului exotermic.

Gazele au o conductibilitate şi mai mică (aproape nulă) afară de hidrogen. Aşa se explică stratul izolator de aer dintre doi pereţi dubli.

- Prin radiaţie. Contrar celorlalte două forme de propagare, energia calorică n-are nevoie de suport material. Dovadă : soarele ne încălzeşte fără ca spaţiul dintre soare şi pămînt care în mare parte este vid, să se încălzească. Căldura se propagă prin radiaţie cu aceiaşi viteză ca şi lumina, avînd şi aceleaşi proprietăţi (reflecţia, refracţia, absorbţia, difuziunea, etc.).

Radiaţiile calorice se supun legii lui Newton: "cantitatea de căldură pierdută de un corp într-o secundă este direct proporţională cu diferenţa de temperatură dintre acel corp şi mediul înconjurător".

Radiaţiile calorice sînt emise de orice corp, indiferent de temperatura lui dacă este deasupra lui zero absolut. Corpul care emite energie calorică se răceşte pentru că pierde o parte din energia sa moleculară. Invers, cînd primeşte o cantitate de căldură, el se încălzeşte căci absoarbe o parte din radiaţiile calorice.

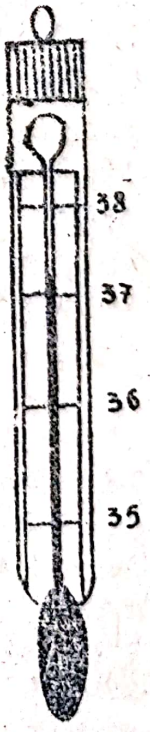
Absorbţia radiaţiilor depinde de suprafaţa corpurilor. Obiectele a căror suprafaţă este neagră, sînt puternic absorbante. Dacă expunem la soare două termometre, unul cu rezervorul acoperit cu funingine iar celălalt liber, primul va arăta o temperatură mai ridicată. Dacă două corpuri sînt vopsite la fel, dar suprafaţa unuia este mai neregulată, el va absorbi mai bine razele şi deci va fi mai cald. Suprafeţe

albe şi netede absorb razele cel mai puţin dar le reflectă cel mai mult. Înţelegem deci de ce vara se poartă haine albe. Corpurile negre şi aspre, odată încălzite, se răcesc mai repede decît cele albe şi netede, de aceea cu cît un corp absoarbe mai multe raze, cu atît le şi radiază mai intens.

Aparate de măsurat pierderile de căldură.

- Heliotermometrul este construit în mare dintr-o sferă goală (S) de aramă sau alamă, cu diametrul de 8-10 cm şi grosimea peretelui 1 mm. Sfera este înegrită pe dinafară, prin oxidare. În interiorul ei se află un termometru cu Hg, astfel ca rezervorul să se găsească cam în centrul sferei iar coloana gradată să iasă în parte afară din sferă, pentru a permite citirile de temperatură fără deplasarea termometrului Expus la soare, aparatul se încălzeşte, Hg se urcă pînă în momentul cînd atinge un anumit echilibru termic care depinde de intensitatea radiaţiei izvorului de căldură precum şi de valoarea pierderilor de căldură prin curenţii de aer şi temperatura mediului ambiant. Etalonat după un indice complex care corespunde nevoilor organismului, heliotermometrul dă uşor şi practic indicaţii privitoare la consumul şi pierderea de energie termică a organismului.

- Catatermometrul se bazează în principiu pe faptul că rezervorul pierde o anumită cantitate de căldură cînd nivelul coloanei de lichid din tubul capilar scade cu 3°C. Puterea de răcire a aerului este dată de raportul dintre cantitatea de căldură pierdută (F) şi timpul respectiv (T) exprimat în secunde. Deci F/T.



Catatermometrul este format dintr-un rezervor mare cu dimensiunile de 2,6/4 cm, cu suprafaţa exterioară de cca 23 cm². Tubul capilar lung de 15 cm, se termină cu un rezervor de expansiune. Lichidul din termometru este alcoolul colorat. Pe tub sînt două repere, unul inferior şi corespunde la 35°C şi altul superior se corespunde la 38°C. Deci diferenţa este de 3°C.

Tehnica de lucru: se încălzeşte termometrul în apă caldă atît încît alcoolul să se ridice în tot tubul

capilar şi să umple jumătate din rezervorul de expansiune. Se lasă apoi să se răcească în aer, în care timp coloana coboară în capilar în raport cu puterea de răcire a aerului. F este factorul ce reprezintă cantitatea de căldură exprimată în milicalorii, pierdută de rezervorul catatermometrului cînd nivelul alcoolului scade dela nivelul superior la cel inferior. Puterea de răcire se exprimă în milicalorii pe cmp. şi pe secundă. Deoarece puterea de răcire a aerului joacă un rol în pierderea de căldură a corpului uman, trebuie să o cunoaştem pentru a stabili relaţiile termice dintre organism şi mediu. Astfel omul adult de 70 kg pierde 45,5 calorii pe m.p. şi pe oră iar cîinii de 8 kg pierd 47 calorii pe m.p. şi pe oră. Pierderile de căldură pe unitatea de suprafaţă sînt practic egale pentru toate animalele (Richet).

Noţiuni despre calorii.

Pentru a ridica temperatura unui corp trebuie să-i dăm o cantitate oarecare de căldură. Această cantitate necesară pentru o aceiaşi creştere de temperatură creşte cu masa corpului, adică pentru a ridica temperatura a 10 g de substanţă trebuie o cantitate de căldură de 10 ori mai mare decît dacă se ridică temperatura numai unui singur gram din aceeaşi substanţă. In realitate pentru a face să varieze temperatura unui corp dela 0° la 10° nu trebuie aceeaşi cantitate de căldură ca acea pentru creşterea dela 10° la 20°, dar fiindcă deosebirile sînt foarte mici, se consideră neglijabile astfel că se admite că trebuie o aceiaşi cantitate de căldură pentru a creşte cu 1° temperatura unui corp dat. Natura substanţei supusă influenţei are de asemeni o mare importanţă. Astfel nu trebuie aceiaşi cantitate de căldură pentru a încălzi cu aceiaşi cantitate, o aceiaşi masă de apă sau de un alt corp. De ex. dacă încălzim un cui pînă la incandescenţă, el nu va fi în stare să încălzească o odaie cu toată temperatura sa ridicată, în timp ce un cazan cu apă fierbinte a cărui temperatură este mult inferioară, este capabil să producă o încălzire notabilă. Corpurile avînd mai multă sau mai puţină căldură, trebuie să stabilim o unitate pentru a măsura această cantitate. Ca unitate de măsură a cantităţii de căldură s-a luat căldura specifică a apei şi după ea s-a luat unitatea de măsură numită caloria mică.

Caloria mică reprezintă cantitatea de căldură necesară pentru a ridica cu 1^0 (dela 0^0 la 1^0) temperatura unui cmc. de apă. Unitatea de 1000 ori mai mare este caloria mare ce reprezintă aceiaşi ridicare de temperatură a unui kg. apă.

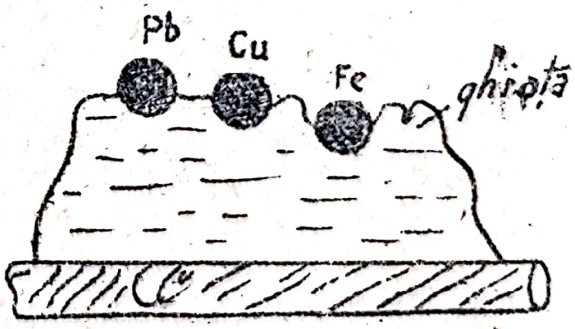
In ştiinţă este nevoie de multe ori de a cunoaşte cantitatea de căldură. Spre a ne putea da seama de astfel de calcule, să dăm următoarea problemă : cîte calorii vor fi necesare pentru a încălzi 40 g apă dela 15^0 la 18^0C. Ţinînd seama de definiţia caloriei mici, vom raţiona astfel :

Pentru a încălzi 1 g de substanţă cu 1^0C este nevoie de o calorie mică; deci pentru 40 g de apă vor trebui 40 calorii mici. Pentru a le încălzi cu 3^0 va fi nevoie de o cantitate de 3 ori mai mare, adică 120 calorii mici.

O altă problemă este următoarea : cîte calorii vor pierde 250 g apă ce se răcesc dela 90^0 la 15^0C? Intrucît temperatura apei a scăzut dela 90 la 15^0, vom scrie : $250.(90-15) = 250.75 = 18750$ calorii mici sau 18,75 calorii mari.

Căldura specifică.

Pentru a încălzi cu 1^0C 1 g din substanţe diferite, sînt necesare numere variabile de cantităţi de căldură (calorii). Acest lucru se poate proba prin următoarea experienţă : luăm mai multe bile de aceiaşi greutate, dar de naturi diferite (Fe, Cu, Pb) şi le încălzim un acelaşi timp la o aceiaşi sursă termică. Să le punem apoi pe o bucată de ghiaţă. Se constată că ele cedează temperatura gheţei, o topesc şi se cufundă în ea. Dar nu toate bilele se cufundă la fel. Cea de fier se scufundă cea mai adînd iar cea de plumb cel mai puţin, de unde rezultă că bila de fier prin răcire a cedat cea mai mare cantitate de căldură, iar cea de plumb cea mai puţin, deşi ele au acelaşi temperatură.



Căldura specifică reprezintă astfel cantitatea de căldură absorbită de 1 g dintr-un corp pentru a-şi ridica temperatura cu 1^0.

Căldura specifică a apei este cea mai ridicată decît a tuturor lichidelor, cu excepţia amoniacului lichid.

Dăm mai jos un tabel cu căldurile specifice (exprimate în cal./g) a cîtorva corpuri :

apa	1	SO_4H_2	0,335
alcool	0,540	untdelemn	0,310
eter	0,523	cupru	0,093
petrol	0,510	mercur	0,033
ghiață	0,500	plumb	0,031
aluminium	0,220	argint	0,056
sticlă	0,187	sulf.de C.	0,238
fier	0,110		

Ecuația căldurii specifice

$$Q = m.c.(t_1 - t_o)$$

formulă în care : Q = cantitatea de căldură; m = masa; c = numărul de calorii; t_o = temperatura inițială; t_1 = temperatura finală.

Cînd dăm căldură unui corp temperatura lui se ridică și corpul se dilată. Dar nu toată căldura ce-i dăm contribuie la ridicarea temperaturii. Un corp care se dilată trebuie să lupte contra presiunii atmosferice ce-l apasă și deaceea o parte din căldura absorbită servește tocmai ca să-l facă să învingă această presiune. La solide și lichide dilatarea este mică și se absoarbe o cantitate neglijabilă de căldură. La gaze însă, dilatarea este însă mult mai mare și căldura absorbită nu mai poate fi neglijată și anume :

- cînd gazul este încălzit într-un spațiu închis la volum constant, căldura absorbită servește numai ca să urce temperatura;
- cînd gazul se dilată liber la presiune constantă, o parte din căldura absorbită servește ca să-l ajute să se dilate.

De unde, însemnînd cu Cv căldura specifică la volum constant și cu Cp căldura specifică la presiune constantă, reese că :

$$Cp > Cv$$

Ecuația calorimetrică. Calorimetria se ocupă cu metodele de măsurare a cantității de căldură și se bazează pe schimbul de căldură dintre corpuri. Acest schimb pînă la egalarea temperaturii, se face după legea de conservare a energiei, aplicată la fenomenele calorice : "cantitatea de căldură cedată de corpurile care se răcesc este egală cu cantitatea de căldură primită de corpurile care se încălzesc, dacă energia calorică nu

se transformă în acelaşi timp în alte forme de energie ". Egalitatea dintre aceste două cantităţi de căldură constituie ecuaţia calorimetrică.

De exemplu avem un corp mai rece la care notăm cu m' masa lui, cu c' căldura lui specifică şi cu t' temperatura înainte de amestecare. Pentru corpul mai cald avem respectiv m", c" şi t". Deci t" > t'. Temperatura finală se notează cu θ.

$t' < \theta < t''$

Cantitatea de căldură cedată de corpul care se răceşte este :

$Q'' = m''.c'' (t'' - \theta)$

iar cantitatea de căldură primită de corpul care se încălzeşte este :

$Q' = m'.c' (\theta - t')$

Cum însă $Q' = Q''$, înseamnă că :

$m'c' (\theta - t') = m''.c'' (t'' - \theta)$

formulă care se numeşte ecuaţia calorimetrică.

Căldura latentă

Reprezintă cantitatea de căldură necesară pentru a schimba starea fizică a unui corp fără a ridica (modifica) temperatura acestui corp.

Apa are o căldură latentă foarte ridicată. De ex. căldura latentă de fuziune este de 80 calorii pe gram iar cea de vaporizare este de 536 cal./gr.

Efectele căldurii.

Sub acţiunea căldurii se pot produce o serie întreagă de reacţii şi transformări şi anume :

- se pot produce transformări chimice;
- se pot produce efecte electrice;
- se pot produce schimbări de volum;
- se pot produce schimbări ale stării de agregare;
- se poate produce lucru mecanic.

Să studiem pe rînd aceste efecte.

Transformări chimice se pot produce ca în cazul lemnului cînd acesta prin ardere se transformă în cărbune.

Efectele electrice vor fi studiate la electricitate (fenomenul termo-electric).

Schimbările de volum se petrec din cauză că la căldură corpul îşi măreşte spaţiile intermoleculare din cauza creşterii forţei de mişcare şi deci corpul îşi măreşte volumul, iar la răcire lucrurile se petrec invers (excepţie fac ghiaţa, fonta, etc.).

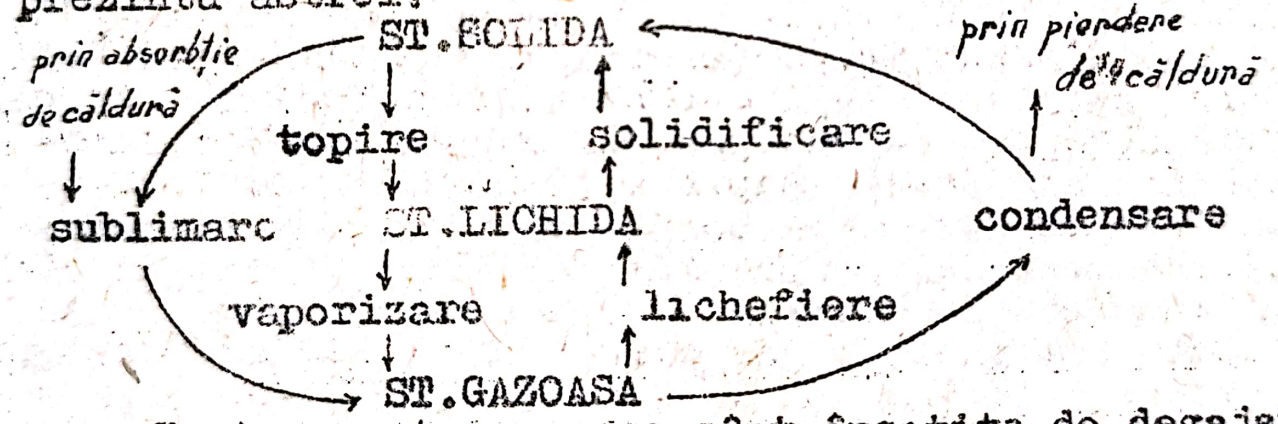
Scanned with OKEN Scanner

Schimbările stării de agregare. Se pot petrece fie ca urmare a creşterii temperaturii, fie ca o urmare a scăderii.

Sub acţiunea creşterii căldurii, schimbarea de stare fizică se face astfel : dela starea solidă la lichidă şi dela starea lichidă la cea gazoasă. Trecerea se poate face cîteodată şi brusc dela starea solidă la cea gazoasă. Dar această ordine nu este respectată de toate corpurile. Bunăoară lemnul nu se topeşte pentru că prin căldură el se descompune, iar alte corpuri ca : iodul, anhidrida arsenioasă, sublimatul corosiv trec direct din starea solidă în cea de vapori. Există corpuri ca sticla şi fierul care înainte de a se topi, se moaie şi trec prin toate stadiile intermediare dintre starea solidă şi lichidă. Prin încălzire ele devin plastice şi nu putem aprecia momentul exact al topirii.

Sub acţiunea scăderii temperaturii, trecerea se face invers, adică, dela starea gazoasă la cea lichidă şi dela cea lichidă la solidă. Si aci se poate petrece trecerea directă dela starea gazoasă la cea solidă.

Deci schematic aceste schimbări de faze se prezintă astfel:



Toate aceste procese sînt însoţite de degajare sau absorbţie de căldură. Din două stări sau două forme ale aceleiaşi substanţe, cea mai stabilă la temperatura mai înaltă (presiunea rămânînd constantă) este acea formă pentru care transformarea se face cu absorbţie de căldură. La temperatură mai joasă, devine mai stabilă forma pentru care transformarea este însoţită de degajare de căldură. Astfel, topirea şi evaporarea sînt însoţite întotdeauna de absorbţie de căldură şi deaceea la presiuni egale, starea lichidă este mai stabilă decît cea solidă la temperaturi mai înalte şi mai stabilă decît cea gazoasă la temperaturi mai joase. Lichefierea şi solidificarea sînt însoţite de degajare de căldură.

In toate aceste fenomene de schimbare a stării fizice se remarcă o lege materialistă şi anume aceea că acumulările cantitative duc la salturi calitative (Engels).

Substanţele au proprietatea de a se găsi într-o stare sau alta, în funcţie de condiţiile exterioare. Schimbarea de stare se face la temperaturi diferite în funcţie de natura corpurilor, dar întotdeauna aceleaşi pentru acelaşi corp (menţinînd constantă presiunea).

Să cercetăm pe scurt, toate schimbările de stare fizică.

Topirea. Reprezintă trecerea unui corp din stare solidă în stare lichidă.

Ca să topim un corp trebuie să-i dăm căldură, deci topirea este un fenomen endotermic.

Experienţele au arătat următoarele legi pentru topire :

- cantitatea de căldură absorbită în timpul topirii este egală cu cea restituită în timpul solidificării;

- cantitatea de căldură primită de un corp din momentul cînd începe să se topească şi pînă cînd se termină topirea, depinde de natura corpului şi este direct proporţională cu greutatea lui. Căldura latentă de topire reprezintă cantitatea de căldură absorbită de un gram de substanţă din momentul în care începe topirea şi pînă la terminarea ei. Dacă temperatura corpului se află sub temperatura de topire, trebuie să-l încălzim mai întîi pînă la punctul de topire. Se absoarbe astfel o cantitate suplimentară de căldură care depinde de temperatura iniţială şi de căldura specifică a corpului. Această căldură adăugată la căldura latentă de topire ne dă căldura totală de topire.

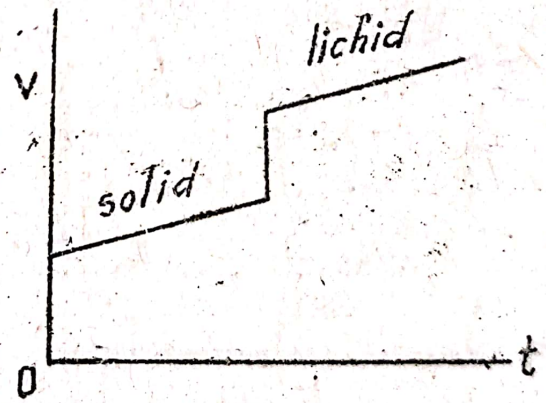
- In tot timpul topirii temperatura rămîne constantă adică, căldura primită de la sursă nu este înregistrată de termometru. Iată cum se explică acest lucru prin teoria cinetică moleculară : pentru a transforma un corp solid în unul lichid, trebuiesc învinse forţele de coeziune dintre moleculele lui. Inainte de a atinge temperatura de topire, toată energia termică transmisă corpului este consumată pentru mărirea energiei de mişcare a particulelor lui; în acest timp temperatura corpului trebuie să crească. De la un anumit punct (tempe-

ratura de topire)şi în tot cursul topirii,energia termică se consumă pentru îndepărtarea particulelor corpului solid,adică pentru a se învinge forţele de coeziune moleculară. Desigur că temperatura corpului care se topeşte rămîne în acest timp neschimbată.Cînd topirea s-a terminat,temperatura reîncepe să crească deoarece acum se măreşte din nou viteza mişcării moleculelor corpului topit.

- Topirea substanţelor cristaline la presiune normală,se produce la temperaturi anumite caracteristice fiecărui corp. Această lege nu este valabilă decît pentru corpurile pure şi nu pentru amestecuri. De ex.dacă topim smoală sau ceară(amestecuri) se observă că în tot timpul topirii,temperatura variază (creşte). Putem folosi această proprietate pentru a cunoaşte dacă avem de-a face cu o substanţă pură sau un amestec.

Modificările volumului unui corp prin topire.

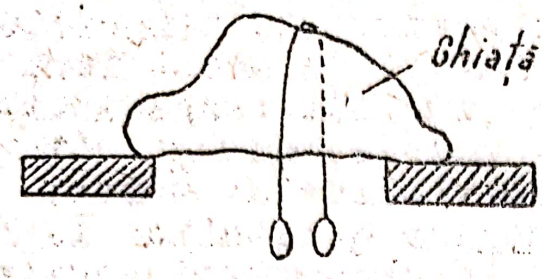
In timpul topirii (solidificării)densitatea se schimbă,deci se schimbă şi volumul,schimbare care nu trebuie confundată cu fenomenul de dilatare.Cele mai multe corpuri îşi măresc volumul prin topire. In acest caz,topirea fiind însoţită de creşterea volumului,înseamnă că dacă ne opunem creşterii de volum,exercitînd apăsări prin care comprimăm substanţa,împiedicăm şi topirea. Deci temperatura de topire creşte cu presiunea.Experienţa ne arată astfel că un corp se topeşte cu atît mai greu cu cît suferă o apăsare mai mare.



Dar sînt şi corpuri care prin topire îşi micşorează volumul (fonta,apa). Din această cauză dacă mărim presiunea,ghiaţa se topeşte mai uşor.Deci la aceste corpuri temperatura de topire scade cu presiunea. Aşa se explică :

- De ce gheţarii curg deşi sînt solizi;
- De ce lunecăm iarna pe ghiaţă şi anume patinăm mai bine pe un ger mai slab decît pe unul puternic;
- O experienţă interesantă este cea a lui Tyndall : un bloc de ghiaţă stă suspendat pe un

suport. Blocul de ghiaţă este înconjurat de o sîrmă ce se termină la ambele capete cu cîte o sferă metalică. Sub presiunea sîrmei, ghiaţa se topeşte dar apa rezultată se solidifică din nou cînd presiunea încetează, aşa că firul străbate încet ghiaţa fără să o taie.



Vaporizarea. Prin vaporizare se înţelege trecerea unui corp (de obicei lichid, dar poate fi şi solid) în stare de vapori.

Cînd această trecere se face numai la suprafaţa corpului, fenomenul poartă numele de evaporare, iar cînd pleacă molecule din toată masa corpului respectiv, avem fierberea.

Evaporarea. Este trecerea unui corp din stare lichidă în stare de vapori. In unele cazuri ea se poate face foarte repede şi la temperatura ordinară (cazul corpurilor volatile : alcool, eter, xilol, benzen, etc.) dar de cele mai multe ori se face sub acţiunea căldurii. Nu numai corpurile lichide, ci şi cele solide se pot evapora. Această evaporare se face însă extrem de încet deoarece particulele unui corp solid nu se pot deplasa atît de uşor ca cele ale lichidelor. Fac excepţie însă corpurile solide volatile ca : naftalina, iodul, camforul, etc.

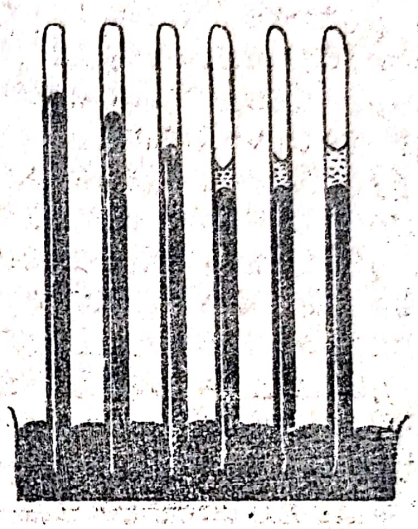
Evaporarea se poate face în : vid, în gaze şi în aer liber.

1). Evaporarea în vid. Un lichid volatil pus în vid, se evaporă instantaneu dacă are la dispoziţie un spaţiu destul de mare. Dacă spaţiul este limitat lucrurile se complică. Pentru aceasta să facem următoarele experienţe :

- Intr-un tub barometric în care la partea superioară se ştie că este vid, se introduce cu o pipetă, o mică cantitate de eter. Lichidul se ridică deasupra mercurului, se evaporează şi coloana barometrică coboară. Deci vaporii de eter în camera barometrică exercită o presiune pe care o putem evalua. Continuînd să introducem cantităţi noi de lichid, mercurul coboară din ce în ce mai jos şi apoi rămîne la o înălţime constantă iar eterul introdus de acum înainte se menţine în stare lichidă, cîtă vreme temperatura nu variază. In acest moment vaporii de eter au atins presiunea maximă şi la tem-

peratura experienţei, spaţiul ocupat de ei este saturat. Vaporii care saturează un spaţiu oarecare se numesc vapori saturanţi. Din această experienţă rezultă că presiunea şi volumul vaporilor saturanţi nu urmează legea lui Boyle-Mariotte; legea este valabilă numai cînd vaporii sînt departe de starea lor de saturaţie (presiunea este independentă de volum).

- Introducem în camera barometrică un exces de lichid şi facem să varieze volumul ocupat de vapori, cufundînd tubul barometric mai mult sau mai puţin în mercur. Mărind volumul, cantitatea de lichid se micşorează treptat. Dacă din contra, micşorăm volumul, o parte din vapori se condensează şi cantitatea de lichid creşte. Ori care ar fi însă volumul pus la dispoziţia vaporilor, atît timp cît mai există o cantitate de lichid neevaporată, înălţimea coloanei barometrice rămîne constantă, dacă temperatura nu se schimbă. Aşa dar presiunea maximă a vaporilor saturanţi nu depinde de volum (căci micşorînd volumul, parte din vapori trec în stare lichidă).



- Incălzind tubul barometric pe toată lungimea ocupată de vapori, se constată că pe măsură ce creşte temperatura, se micşorează cantitatea de lichid şi coloana barometrică coboară. De aici rezultă că presiunea maximă a vaporilor saturanţi creşte cu temperatura.

- Dacă în loc de eter introducem în camera barometrică alte lichide volatile în cantitate suficientă ca să producă vapori saturanţi, se constată că la aceeaşi temperatură, presiunea maximă a vaporilor saturanţi depinde de natura lichidului. Deci vaporii saturanţi ai diferitelor substanţe la aceeaşi temperatură au presiuni diferite.

2). Evaporarea în gaze. Dacă introducem un lichid într-un vas închis, în care se mai află şi un gaz oarecare la presiunea iniţială p', lichidul se evaporă mai încet decît în vid. Evaporarea se opreşte cînd s-a atins saturaţia şi experienţa ne arată că în acest caz, presiunea totală P din interiorul va-

sului este egală cu suma presiunii inițiale a gazului (p') și a presiunii maxime (p") a vaporilor saturanți, la temperatura experienței. Deci P=p'+p"

De aici rezultă că presiunea gazului și a vaporilor n-au nici o influență una asupra celeilalte, adică presiunea vaporilor saturanți într-un spațiu oarecare nu este influențată de prezența unui gaz străin.

Din aceste considerente John Dalton (1765-1844) a stabilit următoarea lege : cînd într-un spațiu închis avem mai multe gaze între care nu se petrec reacții chimice, presiunea totală a amestecului este egală cu suma presiunilor pe care le-ar avea fiecare gaz în parte dacă ar ocupa singur tot volumul.

3). Evaporarea în aer liber. Moleculele unui corp sînt în continuă mișcare cu o viteză ce este cu atît mai mare, cu cît temperatura este mai ridicată. La gaze unde nu există forță de coeziune, mișcarea moleculară explică expansiunea. La lichide și mai ales la solide, expansiunea este împiedicată de forțele de coeziune. Dacă punem o cantitate de lichid într-un vas cu suprafață mare, unele din molecule în mișcarea lor de expansiune, vor reuși să scape de această atracție și vor ieși în spațiul înconjurător. Parte din aceste molecule, pe care numai întîmplarea le face să se îndrepte înapoi, vor intra iar în lichid.

Legile evaporării în aer liber sînt următoarele :

- crește cu creșterea temperaturii;
- crește cu creșterea suprafeței de contact;
- crește dacă este o agitare moleculară gazoasă mai mare (vînt);
- scade dacă în atmosferă există vapori de aceeași natură, deci viteza de evaporare este direct proporțională cu diferența de presiune a acelui corp în starea lichidă și gazoasă;
- scade cu creșterea presiunii atmosferice;
- în tot timpul cît durează evaporarea, temperatura scade; deaceea un om care transpiră este expus răcelei. Iată cum se explică scăderea de temperatură din timpul vaporizării : prin actul vaporizării, moleculele de lichid ce au viteze mai mari decît celelalte molecule ale lichidului, învinge forțele de coeziune și ies afară. Lichidul pierzînd astfel molecule cu mare energie cinetică, va sărăci

în energie cinetică. Ori ştiind că aceasta produce căldură (este la baza producerii de căldură conform teoriei cinetico-moleculare),desigur că lichidul se va răci. Ca să evaporăm un lichid trebuie să-i dăm căldură,iar în caz contrar el va absorbi căldură dela corpurile cu care vine în contact şi chiar din căldura lui proprie. Deci evaporarea este un fenomen endotermic. De aici rezultă că dacă lăsăm un lichid să se evaporeze şi nu-i dăm căldură,temperatura lui trebuie să scadă.Verificarea o putem face foarte uşor : udăm un deget cu puţină apă şi sufläm pe dînsul. Suflînd,grăbim evaporarea şi simţim că mîna se răceşte.Acest lucru este utilizat de marinari pentru a simţi direcţia vîntului. In ţările calde,băuturile se pot păstra reci dacă le punem în vase de lut poros;lichidul iese prin pori şi pe măsură ce iese,se evaporă răcind conţinutul vasului. Dacă se evaporă apă în vid şi dacă absorbim apoi vaporii formaţi, într-un vas cu acid sulfuric concentrat,evaporarea devine aşa de intensă,încît răceşte conţinutul (apa) pînă o îngheaţă. Pe acest principiu funcţionează unele maşini ce servesc la fabricarea gheţii artificiale. Chirurgii se folosesc în anestezie de un lichid foarte volatil,clorura de metil sau kelenul,care,dacă se stropeşte locul ales pentru operaţie cu el,produce,prin evaporare,o răcire a ţesuturilor (de pînă la - 35°C) urmată astfel de o anestezie temporară foarte pronunţată.

Ca şi în cazul topirii şi la evaporare există o căldură de evaporare care reprezintă cantitatea de căldură necesară pentru ca să transforme în vapori un gram dintr-un lichid oarecare,la temperatura lui de fierbere.

Fierberea. Se supune următoarelor legi :

- un acelaşi lichid fierbe întotdeauna la aceeaşi temperatură dacă presiunea atmosferică rămîne constantă;
- în tot timpul fierberii temperatura rămîne constantă dacă presiunea atmosferică nu variază;
- fierberea se produce în momentul în care presiunea vaporilor saturanţi este egală cu presiunea exterioară;
- punctul de fierbere creşte cu concentraţia (în cazul soluţiilor).

Din legile de mai sus se vede că asupra fier-

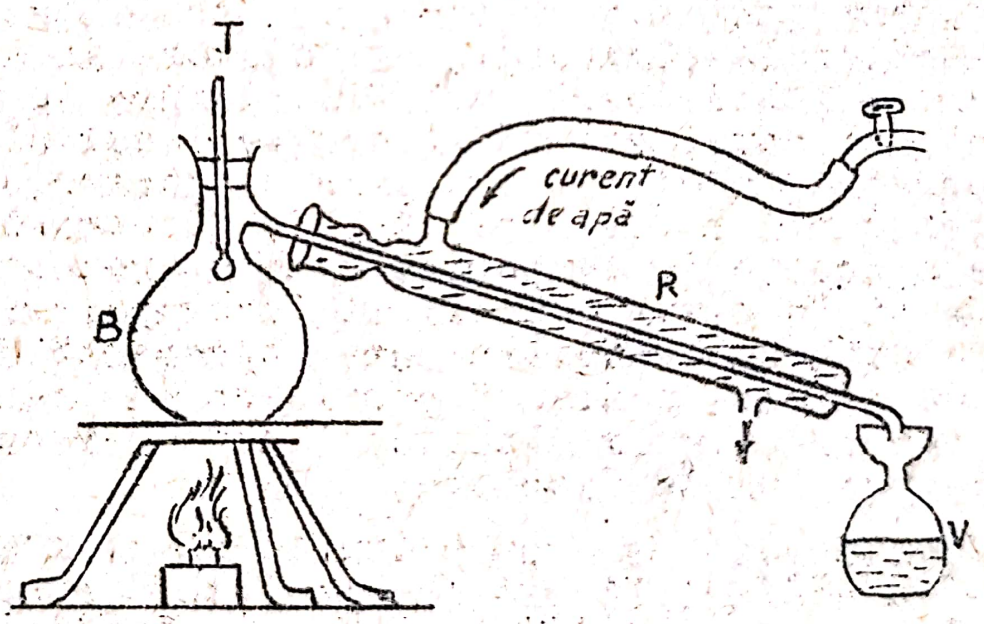
berii o importanţă mare o are presiunea căci cu cît creşte presiunea, cu atît se ridică şi temperatura de fierbere. Astfel pe muntele Mont Blanc (4810 m) apa fierbe în jurul lui 80°C. La astfel de temperaturi de multe ori alimentele oricît le-am fierbe, rămîn crude. Apa fierbe la :

Presiunea	Temperatura	Presiunea	Teuperatura
55 mm.Hg	40°	760 mm(1 atm)	100°
92 " "	50°	2 atm.	121°
149 " "	60°	3 "	134°
233 " "	70°	4 "	144°
355 " "	80°	5 "	152°
526 " "	90°		

Iată temperaturile de fierbere a unor corpuri:

eter ordinar	35°	mercur	357°
alcool "	78°	sulf	444°
apă	100°	zinc	930°

Cînd avem un lichid ce conţine în el mai multe substanţe disolvate sau un amestec de mai multe lichide (de ex: alcoolul şi apa) le putem separa prin distilare. Introducem amestecul într-un balon (B) prevăzut cu un refrigerent cu apă (R) şi cu un termometru (T). Încălzind balonul, întîi începe să fiarbă alcoolul. Vaporii se condensează în refrigerent şi picăturile ce se formează curg în vasul (V). Termometrul rămîne staţionar tot timpul cît alcoolul se volatilizează. După ce s-a terminat tot alcoolul, fierberea încetează şi temperatura se urcă pînă la 100°C cînd începe să fiarbă şi apa. Acest fel de separare poartă numele de distilare fracţionată. Se numeşte însă niciodată o separare perfectă chiar dacă o repetăm de mai multe ori deoarece în timpul cît



trece în stare de vapori lichidul mai volatil, celelalte emit şi ele o mică cantitate de vapori.

Lichefierea. Constă în trecerea unui gaz în stare lichidă. Este un fenomen exotermic, adică cu degajare de căldură.

Pentru unele corpuri în stare gazoasă ca vaporii de apă şi de alcool, variaţiile naturale de presiune sau de temperatură sunt suficiente pentru a produce acest lucru. Pentru celelalte gaze însă, aceste variaţii sînt prea mici şi atunci se utilizează:

- lichefierea prin simplă răcire la presiune normală (de ex. anhidrida sulfuroasă la $-8^{\circ}C$ şi amoniacul la $-30^{\circ}C$.);

- lichefierea prin comprimare (de ex. bioxidul de sulf la $+10^{\circ}C$ sub 3,24 atm. sau la $+30^{\circ}C$ sub 4,5 atm.; amoniacul la $+10^{\circ}C$ sub 6 atm. sau la $+20^{\circ}C$ sub 8,4 atm; bioxidul de carbon la $0^{\circ}C$ sub 35,4 atm. sau la $+10^{\circ}C$ sub 46 atm.);

- lichefierea prin răcire şi comprimare (de ex. clorul) Prin acest procedeu au putut fi lichefiate şi chiar solidificate mai toate gazele cunoscute.

Cercetările întreprinse apoi au arătat că un gaz pentru a fi lichefiat, trebue neapărat să coborîm temperatura sub o anumită limită, numită temperatura critică sau punct critic de temperatură. Fiecare gaz are altă temperatură critică şi presiunea la care se obţine lichefierea la temperatura critică, se numeşte presiune critică. Pe măsură ce răcim gazul sub temperatura critică, ajungem să-l lichefiem la presiuni din ce în ce mai mici şi cînd temperatura a coborît deajuns, îl putem lichefia chiar la presiunea normală, dar dacă temperatura este mai ridicată decît cea critică, gazul nu poate fi lichefiat oricît l-am comprima.

Ca să obţinem temperaturi joase, dispunem azi de 3 mari procedee prin care putem lichefia şi chiar solidifica toate gazele cunoscute şi anume:

a) Metoda amestecurilor refrigerente (vezi pag 78).

b) Metoda lichefierilor în cascadă: evaporînd sub presiune un gaz deja lichefiat, se produce o cădere de temperatură pe care o putem folosi pentru ca să lichefiem alt gaz şi a.m.d. obţinem temperaturi din ce în ce mai joase.

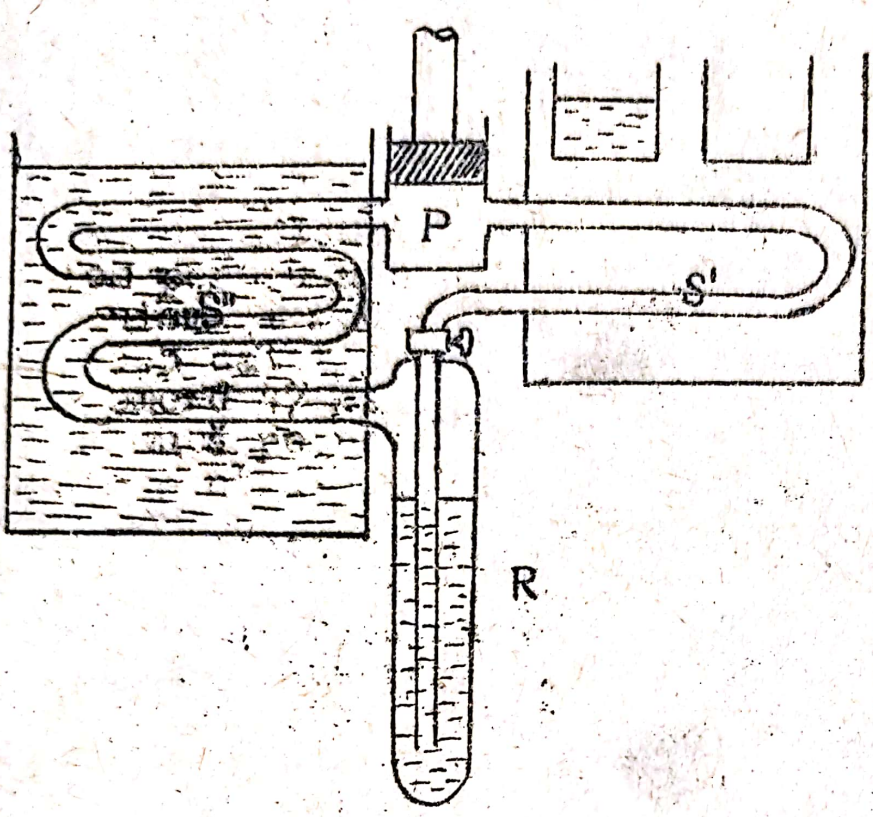
c) Metoda destinderii adiabatice (răcire prin decomprimare) ; cînd vrem să comprimăm un gaz, trebuie să acţionăm contra forţei lui de expansiune, deci trebuie să executăm un lucru mecanic. Acest lucru mecanic se transformă în căldură ce tinde să ridice temperatura

Dacă se face foarte lent comprimarea, căldura pe măsură ce se dezvoltă, este absorbită de mediul înconjurător şi temperatura rămîne staţionară. Dacă comprimarea se face lent, desigur că temperatura se urcă căci n-are timp să se împrăştie în mediul înconjurător. Dacă după comprimare facem operaţia inversă lăsîndu-l să se destindă la loc, îl obligăm să lupte contra presiunii atmosferice şi deci să execute un lucru mecanic, prin care absoarbe căldură. Cînd destinderea se face foarte repede astfel ca mediul exterior să n-aibă timp să compenseze pierderea de căldură, gazul trebuie să cheltuiască din căldura lui proprie şi astfel se răceşte. O comprimare (sau destindere) ce nu dă timp gazului să primească sau să cedeze căldură mediului înconjurător, se numeşte "adiabatică". Deoarece ele se fac cu variaţii de temperatură, nu urmează legea lui Boyle-Mariotte. O astfel de destindere o simte oricine cînd suflă pe mînă deşi din gură iese aer cald.

Pe acest principiu funcţionează maşinile ce produc aer lichid (maşina lui Georges Claude sau a lui Karl von Linde). Aerul lichid ce este un amestec incolor de azot lichid şi oxigen lichid se păstrează în vase speciale tip termos şi prezintă unele proprietăţi interesante : foarte multe corpuri cufundate în aer lichid îşi schimbă proprietăţile; astfel la temperatura aerului lichid căldura specifică a corpurilor devine foarte mică şi rezistivitatea electrică a metalelor se reduce aproape la zero. O bucată de carne, un fruct sau o floare, cufundate cîteva minute în aer lichid, se fac tari ca porţelanul; o placă de plumb moale se întăreşte şi sună ca un clopot iar mercurul se solidifică şi putem bate cuie cu dînsul; dacă suflăm aer din plămîni prin aerul lichid, anhidrida carbonică expirată se solidifică imediat sub forma de fulgi albi şi mărunţi; aerul lichid întreţine arderea ca şi aerul gazos; un chibrit aprins introdus în aerul lichid continuă să ardă şi anhidrida carbonică rezultată din ardere se solidifică imediat; un amestec de aer lichid şi praf de cărbune formează un exploziv foarte puternic ce poate înlocui dinamita; oxigenul lichid fierbe la - 180°C iar azotul la - 193°C.

Instalaţii frigorifere. Gazele ce se pot lichefia uşor prin simplă comprimare (clorura de metil, bioxidul de carbon şi mai ales amoniacul) sînt folo-

site în instalaţiile frigorifere, instalaţii care funcţionează astfel : o pompă aspiro-respingătoare (P) trage amoniac dintr-un rezervor (R) şi-l face să se evapore. Evaporarea produce o scădere de temperatură şi gazul astfel răcit, circulă printr-un serpentin (S') ce trece printr-o cameră căptuşită cu plută sau cu altă substanţă rău conducătoare de căldură. Amoniacul gazos este apoi comprimat de aceeaşi pompă, în serpentinul (S") răcit cu apă, unde se lichefiază din nou şi curge înapoi în rezervorul (R). În acest chip o cantitate mică de amoniac lichid poate servi timp îndelungat fără să se piardă.



Deci instalaţiile frigorifere folosesc răcirea produsă prin evaporarea unui gaz lichefiat pe care apoi îl condensează din nou prin comprimare.

Suprarăcirea lichidelor. Corpurile solide nu pot fi încălzite peste temperatura lor de topire fără să nu se topească. Fenomenul invers însă se poate face, adică răcind un lichid sub temperatura lui de solidificare, îl putem menţine în stare lichidă, fenomen ce poartă numele de suprarăcire. Suprarăcirea nu poate fi dusă decît numai pînă la anumite limite. De ex. apa poate fi suprarăcită numai pînă la - 10°C, fapt ce are o mare importanţă pentru viaţa insectelor ; se cunoaşte de multă vreme rezistenţa insectelor la frig. Unele crisalide de fluturi rezistă uşor la temperaturi de - 25°C.

Profesorul Bahmetiev a cercetat acest fenomen de adaptare şi a stabilit că la răcirea artificială a fluturelui pînă la temperatura de - 20°C, nu se produce solidificarea sucurilor organismului, ele rămînînd un timp oarecare în stare de suprarăcire; apoi se produce un salt brusc cu ridicarea temperaturii şi după aceea, îngheţarea sucurilor. Cîteodată insectele mor din cauza acestui fenomen, alteori la ridicarea temperaturii ele îşi pot relua viaţa. Cu cît insecta îngheaţă mai des, cu atît scade temperatura de suprarăcire a sucurilor ei, adică ea opune o rezistenţă mai mare la frig.

Solidificarea. Experienţa arată că prin trecerea unui corp din starea lichidă în cea solidă (solidificarea) se urmează aceleaşi legi ca şi la topire, adică :

- solidificarea are loc pentru fiecare corp la o temperatură anumită, egală cu temperatura de topire;
- în tot timpul cît durează solidificarea, temperatura rămîne constantă dacă nu variază presiunea.

In unele condiţiuni un corp poate să rămîie în stare lichidă sub temperatura de solidificare. Acest fenomen numit supratopire a fost observat pentru prima dată la apă căreia dacă i se scoate aerul, poate fi menţinută în stare lichidă pînă la - 12°C, iar în tuburi capilare sau sub formă de mici picături, îngheţul se produce la - 20°C. Fenomenul se mai observă la sulf, fosfor, etc. cu condiţia ca corpul supus răcirei să nu fie agitat. Dacă agităm sau introducem un mic cristal din corpul respectiv, solidificarea începe imediat şi temperatura se urcă brusc pînă la punctul de topire al corpului şi rămîne apoi constantă în tot timpul solidificării. Experienţa mai arată că prin solidificare corpurile îşi micşorează volumul, fac excepţie ghiaţa, bismutul şi fonta. Creşterea volumului apei prin îngheţare se explică prin faptul că ghiaţa are o densitate mai mică (-0,9112°C faţă de 0,99987). Solidificarea se face mai greu dacă presiunea creşte. Astfel temperatura de îngheţ a apei scade cu 0,007°C cînd presiunea creşte cu o atmosferă.

5) Efectuarea de lucru mecanic. Acest fenomen constituie întîiul principiu al termodinamicei, aşa că vom studia cu această ocazie termodinamica cu cele două principii ale ei.

Scanned with OKEN Scanner

Termodinamica.

În capitolul cantităţii de căldură un loc principal îl ocupă termodinamica ce caută să studieze dintr-un tot unitar, toate schimbările posibile ale materiei, precum şi stabilirea de legi pentru aceasta.

Intîiul principiu al termodinamicei constă în transformarea lucrului mecanic în căldură şi invers. Fenomenul a fost observat din cele mai vechi timpuri, însă explicaţia acestor fenomene a fost dată de abia la 1842 de medicul german J.R. Mayer (1814-78) care a ajuns la concluzia că în locul unei cantităţi de lucru mecanic consumat, apare întotdeauna o cantitate bine determinată de căldură şi invers, cînd dispare o cantitate de căldură, apare în schimb un lucru mecanic echivalent. Acest principiu ne mai arată că energia se transformă dar nu se pierde, din care cauză principiul întîi al termodinamicei poartă numele de principiul echivalenţei.

Deoarece energia termică se măsoară în calorii, iar energia mecanică în kilogrammetri, unei calorii mari trebuie să-i corespundă un anumit număr de kilogrametri, adică între unităţile de măsură ale lucrului mecanic şi cele ale căldurii, trebuie să existe un raport bine determinat. Din numeroasele cercetări întreprinse rezultă că :

$$A = Q.J$$

A = lucru mecanic exprimat în ergi; Q = căldura exprimată în calorii mari; J = constantă ce a primit numele de echivalentul mecanic al caloriei şi este egală cu 427 kgm.

Valoarea echivalentului mecanic al caloriei a fost stabilit de J.P.Joule :

J = 427 kgm/kcal = 418 J/cal.

1 Kcal = $4,186\ 10^{10}$ ergi = 426,7 kgm = 4,184 j
1,1628 wattore = 4186 wattsec.

Valoarea inversă a echivalentului mecanic, adică 1/J reprezintă echivalentul termic al lucrului mecanic, adică numărul de calorii echivalente cu o unitate de lucru mecanic. Însemnînd valoarea numerică a echivalentului termic al lucrului mecanic cu I, vom avea :

$$I = \frac{1}{J} = \frac{1\ Kcal.}{427\ Kgm} = \frac{1\ cal}{4,2\ J.} = 0,[illegible]\ \frac{1}{J}$$

1 kgm = 0,002342 Kcal

1 cal putere - oră = 631,5 Kcal; 1 Kwattoră=860 Kcal.

Termenul de "echivalenţă" între căldură şi lucru mecanic este ales rău căci vom vedea la al doilea principiu al termodinamicei că nu poate fi pusă căldura pe aceeaşi treaptă cu energia mecanică. Trebuie să remarcăm în acelaşi timp preţul extrem de ridicat al caloriei : trebuie să cheltuim 4,18 jouli pentru a încălzi un gram de apă cu un grad.

Al doilea principiu al termodinamicei (principiul lui Carnot-Clausius). În timp ce primul principiu ne arată ce cantitate de energie mecanică se poate transforma în energie calorică şi invers, cel de al doilea leagă aceste transformări de condiţiile (temperabura) la care se execută ele.

Pentru multe forme de energie este posibilă o transformare totală din una în alta De ex.energia mecanică cinetică poate fi transformată complet în energie mecanică poterţială şi invers;energia electrică în mecanică (cel puţin teoretic)şi cea chimică în mecanică prin intermediul energiei electrice. Lucrurile se petrec însă altfel cînd este vorba de energia calorică.

Astfel,remarcăm mai întîi că diversele forme de energie ca : mecanică,electrică,chimică,pot fi transformate fără greutate şi total în energie calorică. Transformările inverse însă,nu sînt atît de uşoare şi complete. De ex.într-o maşină cu vapori nu toată căldura vaporilor de apă se regăseşte sub formă de travaliu produs; întotdeauna o parte din căldură cade în condensator neutilizată. Deci ori de cîte ori vrem să producem travaliu din căldură,numai o fracţiune din această căldură poate fi transformată; surplusul trece dela o temperatură superioară,la una mai inferioară.

Datorită căpitanului francez Sady Carnot (1786-1832) s-au putut cerceta condiţiile în care căldura se poate transforma în lucru mecanic şi ce cantitate de căldură poate fi transformată în condiţiile cele mai favorabile,precum şi coeficientul economic maxim. Concluziile esenţiale ce constituiesc cel de al doilea principiu al termodinamicei, sînt :

"Cînd se produce lucru mecanic repetînd o operaţie ce cheltuieşte căldură, numai o parte din căldură se transformă în travaliu".

Raportul dintre căldura transformabilă şi

căldura totală este limitat de condiţiile de temperatură ale operaţiilor. In cele mai bune condiţii nu poate depăşi valoarea de :

$\frac{q}{Q}$ (randamentul) = $\frac{T'-T''}{T'}$ (coeficientul economic)

formulă în care : Q = cantitatea de căldură de care dispunem; q = cantitatea de căldură ce poate fi transformată în lucru mecanic; T' = temperatura absolută cea mai ridicată de care dispunem(adică temperatura absolută a corpului înainte de producerea lucrului mecanic); T" = temperatura absolută cea mai coborîtă (deci temperatura absolută după această producere).

De ex. vaporii unui cazan au 150°C (423°K) înainte de a trece în cilindru şi cad la 50°C (323°K),la ieşire. De unde :q/Q = 423 - 323/423 = =100/423 = 0,23.

In aceste condiţiuni nu se transformă în lucru mecanic decît maximum 23 de procente din căldura pe care vaporii o aduc în cilindru. Restul de 73% cad infailibil în condensator sub formă de căldură.

Dacă mărim temperatura apei din cazan sau dacă facem ca temperatura vaporilor la ieşirea din maşină să fie cît mai scăzută, fracţiunea $T'-T''/T'$ creşte şi se îmbunătăţeşte astfel coeficientul economic al maşinei. Aşa se justifică pe de o parte supraîncălzirea vaporilor înainte de a intra în corpul de pompă,iar pe de altă parte,întrebuinţarea condensatorului ca mijloc de răcire cît mai energic la ieşire.

Experienţa ne arată că aceste consideraţiuni sînt valabile pentru orice maşină care transformă căldura în lucru mecanic. Deci "toate maşinile care funcţionează între aceleaşi limite de temperatură,au acelaşi coeficient economic".

La un număr egal de calorii,căldura este cu atît mai puţin utilizabilă,cu cît temperatura este mai coborîtă.

Al doilea principiu al termodinamicei se mai poate enunţa şi astfel :"în orice modificare a unui sistem izolat,energia totală rămîne constantă, dar energia utilizabilă sub formă de travaliu scade continuu". Această reprezentare a principiului al doilea al termodinamicei face să apară noţiunea de "calitate" de energie Trebuie deci să avem

în vedere nu numai cantitatea de energie ce poate fi eliberată, ci şi calitatea sa. Din acest p.d.v. unele forme de energie (mecanică, chimică şi electrică) se pot transforma complet una în alta şi toate complet în căldură. Ele pot fi considerate astfel ca energii superioare în ce priveşte randamentul. Din contra, căldura şi energia luminoasă nu se pot transforma decît parţial în alte forme de energie şi astfel sînt considerate ca energii mai inferioare în ce priveşte randamentul. În natură există o tendinţă ca formele mai superioare să se transforme în forme mai puţin convertibile în travaliu (în forme cu randament mai scăzut. Deci este tendinţa de degradare a energiei. Trebuie însă de specificat că principiul conservării energiei este păstrat întocmai. De ex. trecerea unui curent electric prin conductori va produce întotdeauna o degajare de căldură, mişcările maşinilor se întovărăşesc de frecare, etc. Condiţiile de reversibilitate, adică condiţii în care o energie superioară să se transforme integral în altă energie superioară, nu există în natură. O transformare are o tendinţă cu atît mai mare de a se produce în mod spontan, cu cît este mai puţin reversibilă. Aspectul cel mai general al celui de al doilea principiu al termodinamicii îl constituie deci faptele că schimbările în natură se fac într-un sens determinat şi că ireversibilitatea fenomenelor este o cauză de degradare a energiei.

Consideraţiuni biologice.

Oare transformările energetice se fac în materia vie la fel ca şi în cea inanimată?

Cînd un individ este în repaus, sau mai exact nu desfăşoară nici un lucru mecanic exterior, toată energia se transformă în căldură. În aceste condiţiuni trebuie totuşi să remarcăm că unele organe cum ar fi cordul sînt în incontinuă activitate deci produc constant travaliu. Dar acest travaliu nu se schimbă cu mediul exterior ci se transformă integral în căldură din cauza frecării sîngelui de pereţii vaselor. Energia cheltuită astfel de contracţia cardiacă se va regăsi sub formă de căldură.

Prima tentativă de a măsura căldura degajată de o fiinţă vie îi aparţine lui Lavoisier de pleca dela calcularea CO_2-ului eliminat. Cel care a lucrat în condiţii fiziologice a fost Rubner

care operînd pe cîine, a măsurat simultan căldura degajată şi căldura eliberată de alimente. Valorile nu difereau decît cu 1%. Dar aceste experienţe nu puteau fi efectuate decît în timp scurt pentru ca altfel nu putea fi vorba de o siguranţă în echilibrul nutritiv al animalului. Imperfecţiunea a fost înlăturată de Atwater care numai O_2 nu-l măsura direct. In cele 45 de experienţe făcute pe diverse persoane şi care au durat 143 zile, a constatat :

Totalul intrărilor . . . .497.805 calorii
" ieşirilor . . . .497.752 "
diferenţa . . . . . 53 "

ceea ce revine la 1 la 10.000. Se poate astfel afirma că la un animal în repaus, toată căldura animală este datorită energiei chimice cedată de alimente organismului.

In cazul în care individul face un lucru mecanic (cazul mai general) numai o parte din energie apare sub formă de travaliu. Trebuie să vedem dacă subiectul nelucrînd, acest travaliu este produs pe seama unei cantităţi oarecare de energie echivalentă unei cantităţi de căldură ce apare. A priori nu se poate constata în lumea organică un raport constant între energia calorică şi energia mecanică şi nici că acest raport ar fi acelaşi cu acela care stăpîneşte schimburile energetice din lumea inanimată. Pentru a supune aceste fapte controlului experimental, trebuie măsurat separat :

- cantitatea de energie cedată unui organism pe socoteala energiei chimice a alimentelor, cantitate numită cheltuiala de energie (D);
- căldura degajată de subiect (Q);
- lucrul mecanic produs (A).

Aceste diferite forme de energie fiind exprimate într-o aceeaşi unitate, trebuie verificat dacă $D = Q + A$.

Primul care a atacat această problemă, a fost Hirn care aşezînd un individ într-un calorimetru, a măsurat căldura degajată şi cantitatea de oxigen consumat. Astfel a putut determina puterea calorifică a oxigenului. Individul supus experienţei efectua apoi un travaliu în interiorul calorimetrului, travaliu ce se putea măsura din afară şi în acelaşi timp se măsura şi căldura degajată şi oxigenul absorbit. Hirn a constatat că în acest caz cheltuiala organismului măsurată prin

produsul dintre O_2 absorbit şi puterea calorifică măsurată anterior, întrece căldura culeasă în calorimetru, rezultat care este conform principiului echivalenţei. Dar cînd a vrut să compare excesul de cheltuială asupra căldurii degajate în timpul travaliului produs, Hirn a găsit că echivalentul mecanic al caloriei are cifra de 82, din cauză că experienţa este lipsită de precizie atît din cauza calorimetrului cît mai ales din cauză că natura combustiilor variază cînd se trece dela repaus la activitate şi astfel nu este corect de a utiliza în ambele cazuri aceiaşi putere calorică a oxigenului.

In acest sens, experienţe cu mult mai precise a executat Atwatter care nu a măsurat travaliul produs de individ ci a transformat travaliul în căldură care era măsurată tot în calorimetru. Transformarea se făcea după raportul cunoscut : o calorie pentru 427 kgm. Iată rezultatele a 14 experienţe efectuate pe 4 indivizi ce au durat cu totul 46 zile :

totalul intrărilor	235.497	calorii
" ieşirilor	235.507	"
diferenţa	10	"

deci o eroare de 1/20.000.

Din aceste experienţe rezultă că şi în mediul viu există o echivalenţă între diferitele forme ale energiei ca şi în mediul brut şi că astfel principiul conservării energiei se aplică şi pentru materia vie.

Cheltuielile energetice ale animalelor se fac pe socoteala energiei potenţiale a alimentelor. Cum aceste alimente sînt plantele pentru ierbivore şi ţesuturile animalelor ierbivore pentru carnivore, putem afirma că toate substanţele alimentare ale animalelor provin din vegetale, fie direct, fie indirect. Ori plantele prezintă două modalităţi de transformare a energiei : la întuneric se comportă ca şi animalele (absorb O_2 şi degajează CO_2) iar la lumină se mai adaugă un fenomen acestei respiraţii, fenomen numit asimilaţia clorofiliană ce constă dintr-o absorbţie a energiei radiante de către clorofilă pentru a realiza o reacţie endotermică. In timpul acestor transformări chimice organismul este sediul unor schimburi gazoase inverse. Cu ajutorul funcţiei clorofiliene, vegetalele pot să-şi facă produşi de sinteză ca amidonul a cărui ener-

gie potenţială va fi eliberată ulterior de animale sub formă de căldură, lucru mecanic, etc.

Astfel, originea manifestărilor energetice a tuturor fiinţelor vii se găseşte în soare.

Aceeaşi transformare se observă şi în lumea inanimată. Datorită radiaţiilor solare se produc diferitele surse de energie cum ar fi : căderile de apă, vînturile, mareele, etc.

Randamentul motorului muscular. Un motor este un dispozitiv destinat să producă lucru mecanic pe socoteala altor forme de energie. Motorul este caracterizat prin randamentul său (R) care de fapt reprezintă raportul dintre travaliul produs (A) şi cantitatea de energie cheltuită (D), adică :

$$R = \frac{A}{D}$$

Dacă ar exista un motor perfect, randamentul ar trebui să fie egal cu 1, adică toată energia furnizată de el să apară sub formă de travaliu. In realitate, pentru orice motor, cifra este întotdeauna inferioară lui 1 căci energia are o tendinţă mare de a se transforma în căldură, transformare ce constituie o pierdere importantă de energie (în ce priveşte randamentul).

Randamentul depinde de mai mulţi factori :

- de perfecţiunea dispozitivului întrebuinţat;
- de natura transformărilor energetice;
- de condiţiile de funcţionare, căci dacă se schimbă condiţiile, randamentul este mult inferior, cîteodată chiar nul. De exemplu să presupunem că susţinem cu ajutorul unei macarale electrice o greutate oarecare la o înălţime dată, invariabilă. Deşi se echilibrează forţa gravităţii şi deşi motorul consumă energie (care se găseşte de altfel sub formă de căldură), lucrul mecanic propriu zis este nul.

Cu aceste cîteva noţiuni teoretice să trecem la aplicaţiile în ce priveşte randamentul muscular. Cînd un muşchi susţine, datorită unei contracţii, o greutate la o înălţime oarecare, el trebuie să consume energie, care în absenţa oricărui travaliu exterior, apare numai sub formă de căldură. Se spune adesea că în astfel de condiţiuni s-a efectuat un travaliu static deşi expresia este foarte improprie căci valoarea travaliului în acest caz, este nulă. Dar există o relaţie între cheltuiala energetică a muşchiului în funcţie de greutate şi de înălţimea

la care este ea ridicată. Această cheltuială a fost măsurată fie prin ridicarea temperaturii pielei dela nivelul mușchiului contractat, fie prin determinarea schimburilor respiratorii. Rezultatele acestor experienţe au dus la concluzia că această cheltuială este proporţională cu greutatea susţinută şi cu gradul de scurtare a mușchiului. De ex. susţinerea este cu atît mai economică cu cît este efectuată de un mușchi mai apropiat de starea de extenzie completă.

Cînd un mușchi nu se contractă pentru a susţine o greutate ci o ridică la o înălţime oarecare, avem un adevărat lucru mecanic egal cu produsul dintre greutate şi înălţimea la care este ridicată. Travaliul furnizat astfel se numeşte travaliu pozitiv. Experienţele făcute în acest sens au arătat că în acest caz cheltuiala creşte în raport cu energia de susţinere nu numai cu o cantitate corespunzătoare energiei mecanice furnizate, ci cu o cantitate suplimentară ce depinde de viteza cu care se execută mişcarea. Deci cheltuiala (D) în travaliul muscular este formată din :

- energia lucrului mecanic efectuat (A);
- energia corespunzătoare susţinerii în timpul ridicării (Qs). Dar cum această energie depinde de înălţimea la care se efectuiază susţinerea, i se vor lua valori medii;
- energia de viteză (Qv) ce corespunde cu cheltuiala necesară pentru a efectua scurtarea mușchiului fără încărcătură, cu viteza ridicării.

Din acestea rezultă relaţia stabilită de Chauveau : $D = A + Qs + Qv$, formulă care şi-a găsit analogii şi pentru motoarele electrice şi hidraulice. In formula lui Chauveau, suma terminilor Qs + Qv reprezintă energia ce apare sub formă de căldură, ea crescînd cu greutatea susţinută şi cu viteza deplasării.

Să vedem acum randamentul motorului muscular : după definiţia dată mai sus randamentului, rezultă, aplicînd formula lui Chauveau :

$$R = \frac{A}{A + Qs + Qv}$$

Cînd viteza de deplasare creşte la sarcină egală şi pentru o aceiaşi durată de lucru mecanic, se constată că termenii A şi Qv cresc proporţional cu viteza în timp ce Qs rămîne constant, ceea ce înseam-

nă că travaliul este cu atît mai economic cu cît viteza este mai mare. Rezultatul ce a fost verificat dinect, arată că pentru a produce un travaliu dat trebuie să fracţionăm greutăţile şi să creştem viteza. Acest principiu (legea fracţionării încărcăturii) nu trebuie uitat niciodată în gradarea efortului furnizat şi mai ales în antrenamentul sportiv.

Valoarea randamentului travaliului pozitiv oscilează în jurul lui 0,20 (20%).

Travaliul moderat (100.000 kgm în 8 ore) echivalează cu 234 calorii. Energia totală pentru 24 ore este de 3656 calorii; căldura zilei va fi 3656-234 = 3422 cal. Experienţa fiind făcută la 18°C la care temperatură, căldura de repaus în 24 ore este de 2250 cal., calculăm pentru căldura totală de 8 ore de travaliu : 3422 - 2250.2/3 = 1922 cal. Deci = 1922 cal. Pe de altă parte, căldura de repaus a acestor 8 ore fiind de 2250/3 = 750 cal. La 18°C, la 0°C vor fi 5100/3 = 1700 cal. iar la 25°C vor fi : 1500/3 = 500 cal., se poate calcula :

$$\text{La } 18^\circ \quad R = \frac{234}{1922-750+234} = \frac{234}{1406} = 16,64\%$$

$$\text{La } 0^\circ \quad R = \frac{234}{1922-1700+234} = \frac{234}{456} = 51\%$$

$$\text{La } 25^\circ \quad R = \frac{234}{1922-500+234} = \frac{234}{1656} = 14,1\%$$

Diverşi autori (Rubner, Atwater, Benedict, Zuntz, etc) au găsit pentru travaliul muscular o altă formulă şi anume aceea care pleacă dela energia fiziologică minimă (q) :

$$R = \frac{A}{Q-q+A}$$

formulă în care A = travaliul exprimat în calorii; Q=căldura totală a acestui travaliu; q = energia fiziologică minimă la epoca şi în timpul travaliului, sensibil constantă şi independentă de temperatură.

De ex. pentru un lucru mecanic puternic de 225.000 kgm echivalent cu 500 cal. executat în 8 ore, la temperatura de 16 - 18°C, avem Q = 2750 cal. Căldura de repaus în 24 ore fiind de 2250 cal., în 8 ore vor fi 2250/3 = 750 cal. Dar cum q = 500 (750-250, vom scrie :

$$R = \frac{500}{2750-500+500} = \frac{500}{2750} = 18,18\%$$

Să vedem ce se întîmplă cînd mușchiul execută un travaliu negativ, adică atunci cînd în loc să ridice o greutate, o coboară susținînd-o. In astfel de condiții se execută un travaliu dar care este cedat de mediu mușchiului, în timp ce pentru travaliul pozitiv, mușchiul produce travaliu și mediul exterior primește.

Pentru a aplica formula lui Chauveau în acest caz trebuie să considerăm echivalentul energetic al travaliului ca un cîștig de energie pentru mușchi, fie :

$$D' + A' = Qs' + Qv'$$

sau ceea ce revine la același lucru, ca o producere negativă de travaliu, deci :

$$D' = - A' + Qs' + Qv'$$

de unde numele de travaliu negativ dat acestui fel de lucru mecanic.

Remarcăm că pentru o aceiași greutate, cheltuiala de susținere trebuie să fie aceeași pentru travaliul pozitiv și negativ. Astfel dacă presupunem că travaliul efectuat este același indiferent de semn, adică pentru ridicare sau coborîre, putem scrie formula cheltuielii de lucru mecanic negativ sub forma :

$$D' = - A + Qs + Qv'$$

Nu putem însă afirma că viteza are valori egale (la travaliul egal) pentru cele două forme de mișcare. Experiența a demonstrat că energia de viteză pentru travaliul pozitiv (Qv) este superioară celei de travaliu negativ (Qv') cu o cantitate ce crește cu sarcina și viteza. Prin urmare căldura travaliului pozitiv (Qs +Qv) este superioară celei corespunzătoare travaliului negativ (Qs + Qv'). De aici se mai deduce că este mai mare cheltuiala la ridicare decît la coborîre (la travaliu egal).

Cheltuiala de travaliu pozitiv fiind compusă dintr-o serie de termeni pozitivi, se deduce că cheltuiala pentru a ridica o greutate este întotdeauna superioară cheltuielii de susținere la o aceeași înălțime medie. In cazul travaliului negativ, totul depinde de valorile lui Qv' și A; pentru un travaliu important făcut cu o viteză mică, cheltuiala pentru coborîre este inferioară celei de susținere. Pentru un travaliu mic efectuat cu o viteză mare, lucrurile se petrec invers. Dacă se compară cheltuiala pentru un același travaliu la ridicare sau coborîre

se constată că ea este aproape dublă în primul caz decît în cel de al doilea. Acest rezultat permite de a calcula comod cheltuiala într-o mişcare complexă ce cuprinde atît ridicări cît şi coborîri, cum ar fi mersul, ascensiunile pe munţi, etc. Ca o aplicaţie avem evaluarea travaliului în mers.

Pînă acum am considerat schimburile energetice din muşchi independente de acelea din restul organismului. In astfel de condiţiuni am văzut că randamentul motorului muscular este în cele mai bune condiţiuni, cuprins între 0,20 şi 0,25. Dacă însă considerăm nu numai excesul de căldură degajată în muşchi în timpul travaliului ci toată căldura degajată în organism în timpul acestui travaliu, randamentul va fi mai mic. De ex. dacă considerăm un individ care în repaus degajă 100 cal./oră, el va furniza în timp de 8 ore un travaliu de 212.500 kgm ce echivalează cu 500 cal. (425 kgm de fiecare oră). Pentru a efectua acest travaliu raţia sa trebuie să crească cu 2500 cal. Cheltuiala în timpul travaliului va fi deci de 800 cal. pe care le consumă în repaus, plus 2500 cal. necesare pentru a efectua acest travaliu. Deci randamentul va fi :

$$\frac{500}{800+2500} = 0,15$$

Dar dacă practic, considerăm nu energia alimentară cedată în timpul travaliului ci în timp de 24 ore, vom avea :

$$\frac{500}{2400 + 2500} = 0,10$$ adică şi mai puţin.

Deci randamentul depinde de convenţiile adoptate pentru a fi definit cît şi de travaliul produs şi anume între anumite limite el creşte cu travaliul efectuat. De asemenea mai depinde şi de alimentaţie : astfel va fi maxim pentru alimentaţia cu glucoză (deoarece această substanţă este utilizată direct de muşchi). Celelalte substanţe degajînd o căldură inutilizabilă pentru a se transforma în glucoză, vor micşora valoarea randamentului. Astfel dacă randamentul este de 0,20 pentru glucoză, va fi de 0,18 pentru lipide şi de 0,16 pentru protide.

Natura motorului muscular. S-a comparat la început motorul muscular cu un motor termic ce efectuiază un ciclul închis Insă în aceste condiţiuni

un astfel de motor cere pentru funcţionare, două surse de temperaturi diferite şi pentru ca randamentul să fie maxim, trebuie să fie un anumit raport între aceste două temperaturi (măsurate în grade absolute). Dacă se adoptă că randamentul muşchiului, în ipoteza unui motor termic trebuie ca $T''/T' = 0,8$. In cazul cel mai favorabil, adică presupunînd că cele două surse sînt situate la temperaturi echidistante de temperatura corpului uman (37°C), temperaturile celor două surse trebuie să fie : $T' = 344,5°K$ (71,5°C) şi $T'' = 275,5°K$ (2,5°C) Astfel de temperaturi este imposibil să existe într-un mediu ca substanţa musculară (mai ales T'), pentru că la o astfel de temperatură nu rezistă substanţa coloidală şi din cauză că în organism există o mulţime de cauze între care şi circulaţia, care tind constant să egalizeze temperaturile. Deci motorul muscular nu este o maşină termică.

Intrînd în celelalte teorii care au fost elaborate, s-a ajuns la concluzia că muşchiul lucrează după un principiu chimodinamic, adică transformînd nemijlocit energia potenţială chimică în energie cinetică. Reamintim astfel că în muşchi se petrec reacţii în două faze : una anaerobă şi alta aerobă. In prima fază (cea anaerobă) se scindează acidul adenozin trifosforic în acid adenilic şi acid trifosforic; fosfagenul în creatinină şi acid fosforic, iar glicogenul pînă la acid lactic. Prima din aceste reacţii anaerobe este o reacţie exotermică liberînd 12.000 g cal. la fiecare g. moleculă de acid fosforic rezultat, ea punînd la dispoziţie energia necesară contracţiei musculare. Nu se ştie încă care este mecanismul intim al transformării de energie potenţială chimică în energia cinetică a contracţiei musculare. Rolul O_2 intervine în faza a doua (aerobă) cînd :

$$C_3H_6O_3 + 3O_2 = 3CO_2 + 3H_2O.$$

După cercetări amănunţite s-a stabilit că cantitatea de căldură rezultată în urma reacţiei de oxidare exotermică a acidului lactic este mai mică de 4-5 ori decît cantitatea de căldură care ar corespunde oxidării întregii cantităţi de acid lactic acumulată. De unde s-a stabilit că numai 1/4-1/5 din acidul lactic rezultat este oxidat pînă la H_2O şi CO_2; restul se transformă în glicogen. Resinteza se face în contul energiei elaborate prin degradarea acidului lactic în H_2O şi CO_2

Reglarea temperaturii. Animalele homeoterme îşi menţin în mod normal temperatura în limite constante deşi sînt mulţi factori care contribuie la variaţia acesteia. Cauzele care pot modifica temperatura unui animal pot să aibă două origini : una endogenă şi alta exogenă. Variaţiile exogene cuprind cele ale mediului extern care tind fie la ridicarea,fie la coborîrea temperaturii,cînd organismul trebuie să lupte sau contra unei acumulări de căldură,sau contra unei pierderi calorice. Variaţiile endogene se referă la modificările în procesele chimice (metabolice)ce se petrec în ţesuturi şi care contribuie mai mult la ridicarea temperaturii. Deci organismul caută să lupte atît contra ridicărilor cît şi coborîrilor termice. Din această cauză vom avea două mecanisme de reglare a temperaturii :

- unul chimic pentru variaţiile din interiorul organismului;
- altul fizic pentru modificările exterioare al temperaturii.

Procesele de reglare termică sînt diferite după cum reglarea se face contra căldurii sau contra frigului.

Lupta contra căldurii se face :

- prin dilataţia vaselor cutanate
- prin evaporarea de apă,fie cutanată,fie pulmonară.

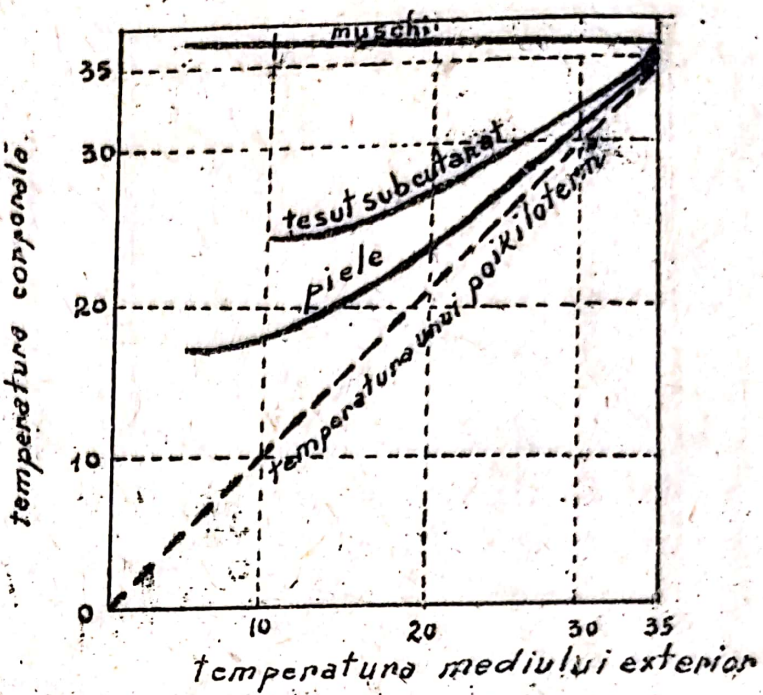
Deci în ambele cazuri se produce o creştere a deperdiţiei calorice; deci lupta contra căldurii se face printr-un mecanism pur fizic : apa trecînd din stare lichidă în stare de vapori,absoarbe căldură. Numai prin acest procedeu animalele homeoterme îşi menţin temperatura lor centrală constantă într-un mediu cald. Acest mecanism de refrigeraţie are o foarte mare putere : 1 litru de apă trecînd în stare de vapori la + 37°C absoarbe 580,8 cal.

Lupta contra frigului se face :

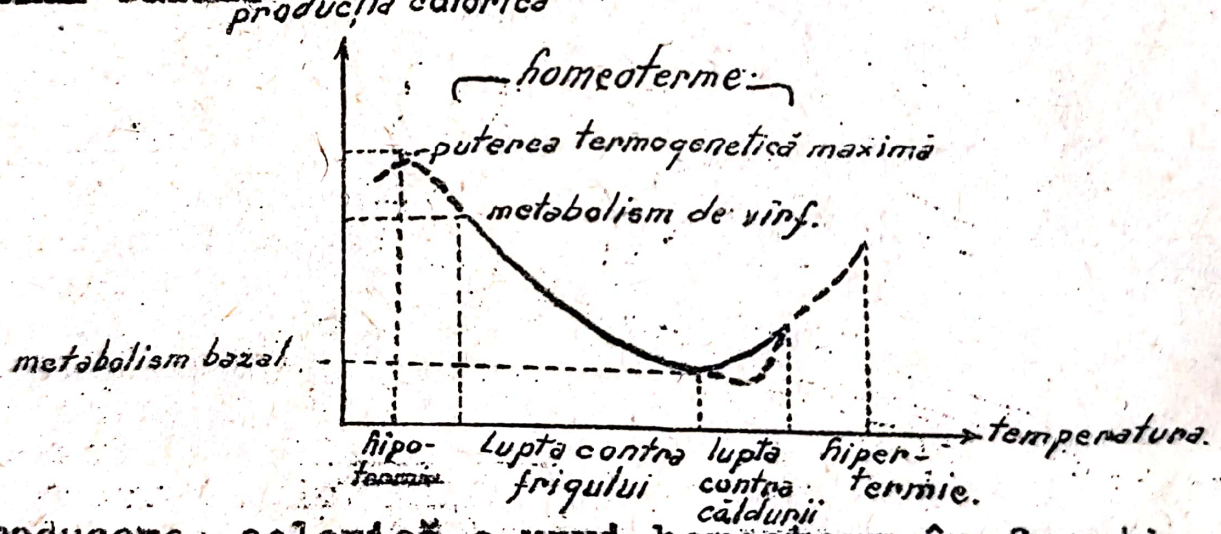
- prin vasoconstricţie cutanată (micşorarea radiaţiei deci micşorarea deperdiţiei),fenomen fizic;
- prin creşterea tonicităţii musculare,creştere ce poate merge pînă la frison (creşte producerea de căldură),reglare chimică.

Lefevre a măsurat la om temperatura cu ace termoelectrice. S-a observat că în băi foarte reci (+ 5°C) temperatura centrală şi a muşchilor rămîne

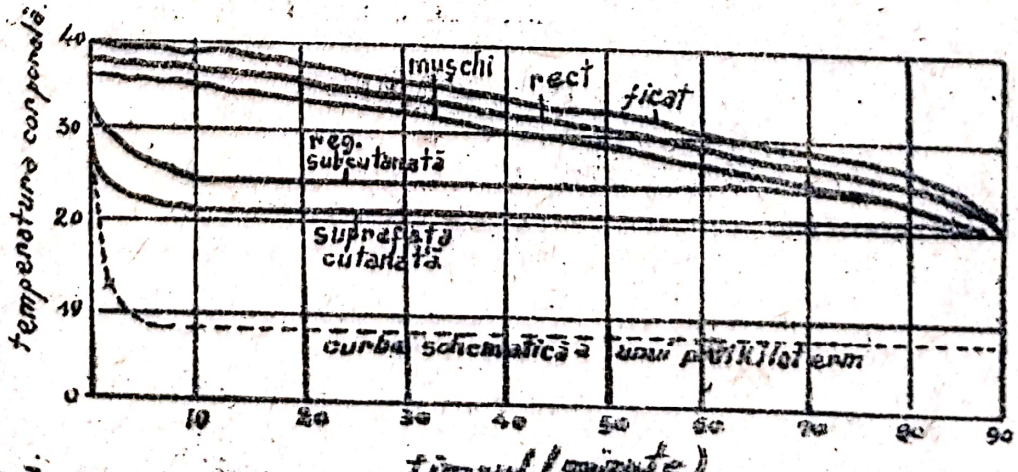
invariabilă atît timp cît organismul luptă contra frigului iar temperatura pielei deşi coboară, rămîne superioară celei exterioare.



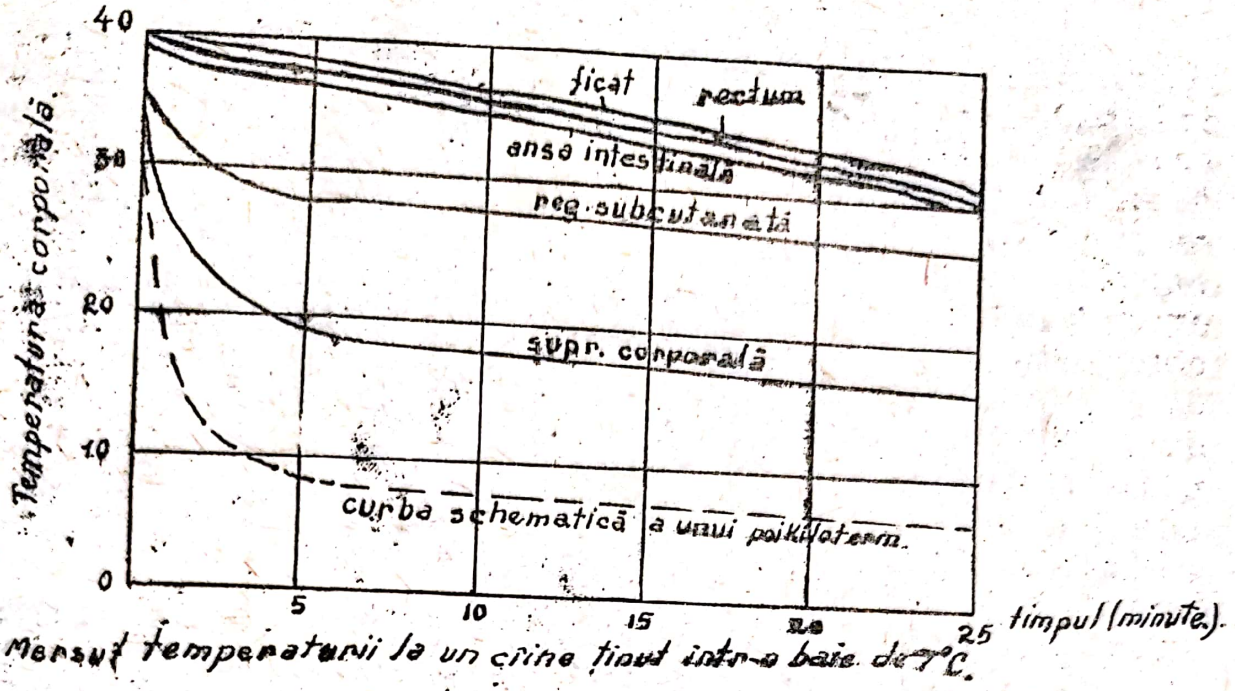
Dar pentru a suplea pierderea de căldură, organismul trebuie să producă o cantitate de căldură (creşte termogeneza). Creşterea termogenezei are o limită : cînd organismul se găseşte într-un mediu rece, producţia calorică poate atinge un maxim sau metabolism de vîrf a cărui valoare este mai mare de cca. 3 ori ca metabolismul bazal.



Producerea calorică a unui homeoterm în funcţie de temperatura ambiantă

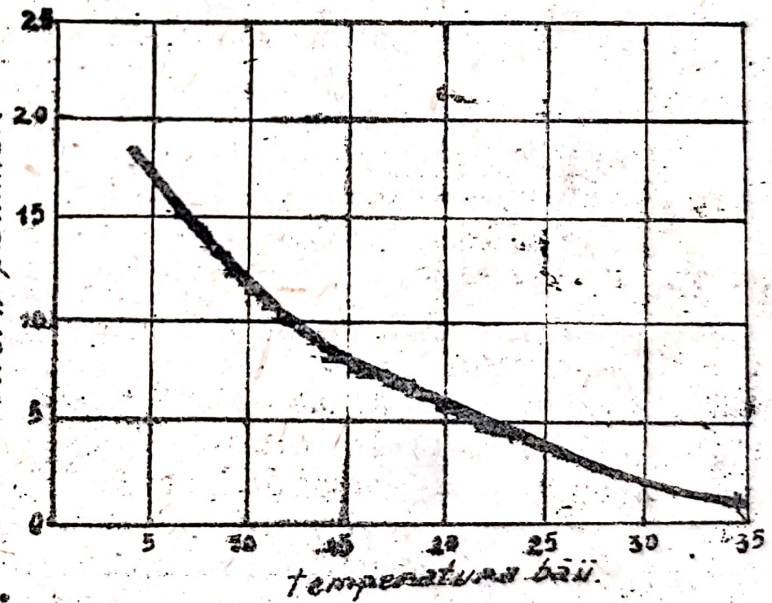


Mersul comparat al temperaturilor într-o baie timp de



Mersul temperaturii la un câine ţinut într-o baie de 7°C.

Dar în timpul refrigeraţiilor de scurtă durată, supraproducerea de căldură poate fi şi mai mare. Figura alăturată ne arată producerea de căldură a unui om cufundat în băi cu temperaturi variate de la + 36°C pînă la + 5°C. Dela o cal. pe minut la + 35°C (aceasta este valoarea aproximativă a metabolismului bazal timp de 1 minut), ea atinge 18 cal. pe minut la +5°.



Deci, reglările de temperatură se fac prin trei mecanisme : prin aparatul vaso-motor, prin evaporarea de apă şi printr-un fenomen chimic.

Reglarea prin aparatul vaso-motor cutanat este un factor foarte important şi foarte prompt. El este mecanismul normal ce are drept scop asigurarea unui echilibru termic cînd cauzele perturbatoare sînt slabe. Activitatea radiaţiei periferice este în funcţie de diferenţa de temperatură dintre suprafaţa cutanată şi acea a mediului ambiant. Se ştie că temperatura cutanată este în funcţie de

irigaţia sa căci sîngele aduce odată cu sine, temperatura internă ce este, după cum am văzut, mai ridicată. Astfel orice fenomen vaso-constrictor are ca efect restrîngerea irigaţiei cutanate, fapt care duce la o scădere termică a regiunii şi prin urmare la o mai mică radiaţie termică. Orice fenomen vaso-dilatator acţionează în sens invers. Cînd temperatura exterioară este scăzută, se reduce suprafaţa pielei, fenomen ce se realizează prin contractarea musculaturii pielei şi formarea aşa numitei "piele de găină". In acelaşi împrejurări, pentru a reduce cît mai mult cu putinţă suprafaţa, animalele se încolăcesc, iar la căldură se întind cît mai mult cu putinţă.

Manifestările vasomotrice pot avea ca origine o impresiune periferică (excitarea exteroceptorilor cutanaţi) sau o excitaţie a unor centri (vasomotricitate centrală).

Celelalte două mecanisme (reglarea prin evaporarea de apă şi printr-un fenomen chimic) vor fi studiate mai jos la termoliză şi respectiv termogeneză.

Termogeneza, adică producerea de căldură este influenţată de următorii factori :

1. Influenţa digestiei. Digestia este urmată de o creştere a termogenezei, fenomen numit de Rubner "acţiune dinamică specifică a alimentelor". Acest fenomen este inegal pentru diversele feluri de alimente şi anume după ingestia de 24,4 g protide, adică 100 de calorii (căldura de combustie în organism a protidelor este de 4,1 calorii/g) termogeneza creşte cu 30 cal. Acţiunea dinamică specifică a protidelor este astfel de 30% dacă se raportează creşterea termogenezei la căldura de ardere din organism a alimentului ingerat. Pentru lipide, acţiunea dinamică specifică (a.d.s.) este de 7% iar pentru glucide de 5%.

A.d.s. nu este datorită travaliului digestiv (mişcările stomacului şi intestinului, travaliul secretor glandular, etc.) care este prea mic pentru a avea importanţă mai ales în cazul protidelor, ci este în raport cu metabolismul alimentar după absorbţie.

2. Influenţa travaliului muscular. Contracţiile musculare efectuează lucru mecanic. Cum

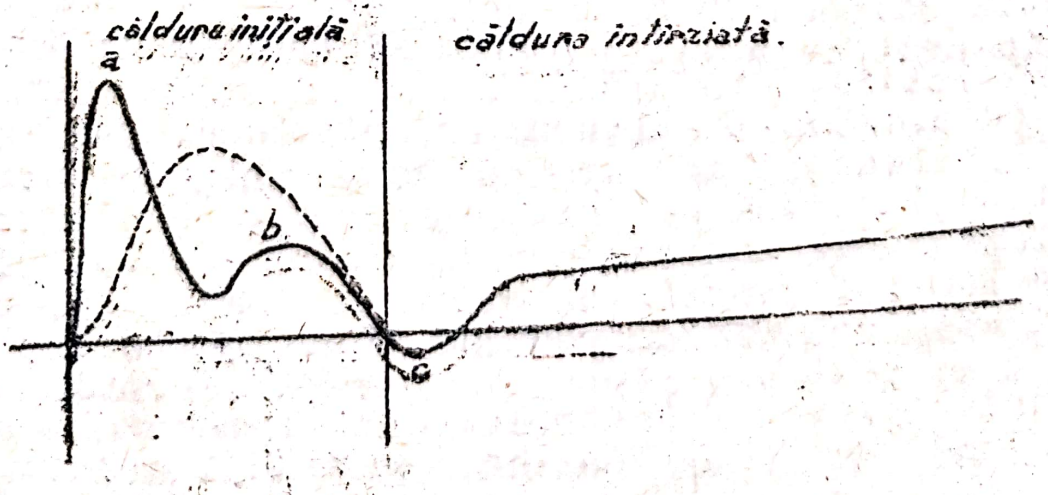
acest travaliu este o formă de energie, travaliul muscular va creşte pe socoteala energiei din organism. Echivalentul mecanic al caloriei fiind de 427, un travaliu de 1 kgm. echivalează cu 1 cal./ 427. Dacă randamentul motorului muscular ar fi egal cu unitatea, adică dacă muşchiul ar fi un motor perfect transformînd integral în lucru mecanic energia pe care o cheltuieşte, muşchiul s-ar contracta fără să se încălzească şi travaliul său n-ar produce o creştere a termogenezei. Dar randamentul motorului muscular nu depăşeşte 0,25 (25%) şi de multe ori este inferior acestei cifre, aşa că celelalte trei sferturi din energie au fost degradate şi apar sub formă de căldură. De aici se deduce rolul travaliului muscular în termogeneză.

Căldura din muşchi în timpul contracţiei izometrice se împarte în două faze :

- Prima însoţeşte fenomenele mecanice (căldura iniţială).
- A doua apare după terminarea fenomenelor mecanice (căldura întîrziată).

Căldura iniţială începe printr-o elaborare bruscă şi intensă de căldură (în timpul perioadei de energie crescîndă). Urmează apoi o nouă degajare în timpul decontracţiei (căldura de relaxare). In timpul contracţiei tetanice prima perioadă se prelungeşte în tot timpul tetanosului (reprezentată punctat în figură). Căldura iniţială e datorită unor procese chimice anaerobe (hidroliza ac. adenozin trifosforic şi fosfagenului).

Căldura întîrziată corespunde refacerii



potenţialului chimic al muşchiului. Ea începe întîi printr-o absorbţie de căldură şi apoi o degajare lentă şi prelungită timp de cîteva minute, ce se produce numai în prezenţa O_2-ului şi reprezintă cam 60% din căldura totală. Cauza producerii acestei călduri stă în procesele de oxidare a acidului lactic. Dacă muşchiul se contractă izotonic, peste căldura de mai sus se mai dezvoltă o extracăldură care, pentru aceiaşi scurtare a fibrelor, este proporţională cu greutatea pe care o ridică muşchiul. Dacă muşchiul este încărcat în timpul relaxării, extracăldura apare în această fază.

Observaţiile simple arată cu cît se ridică temperatura corpului în timpul unui travaliu muscular. Iată astfel de valori (Atwater) ;

mărimea travaliului	căldura degajată
repaus	3397 cal.
travaliu moderat.	3802 "
" mare . . .	4731 "

In timp ce creşte travaliul, raportul dintre căldura măsurabilă şi cea latentă se modifică. Astfel în repaus, căldura latentă pierdută la nivelul pielei şi pulmonilor este de cca. 20% din energia totală, în timp ce în travaliul intens ea atinge 60%.

Aceste două influenţe explică originea căldurii animale. In adevăr, căldura produsă de viţuitoare provine din reacţiile chimice exotermice ce se efectuează în ţesuturile lor. Intr-un organism în stare de echilibru nutritiv, adică într-un organism care nu face nici rezerve, nici nu consumă din ceea ce are, aceste reacţii provin din alimentele ingerate. In cazuri de post, ele se fac din rezerve (glicogenul din ficat şi grăsimea din ţesutul adipos) şi apoi, cînd acestea sînt epuizate, din protidele tisulare.

Reacţiile din organism sînt în majoritatea lor (cca. 4/5) oxidări; restul sînt de hidratări, dedublări, reacţii în care nu intră oxigenul dar care totuşi degajă căldura. De ex. glicogenul se hidrolizează în muşchi în timpul contracţiei şi dă acid lactic, reacţie anaerobă ce degaje căldură. Deci căldura animală rezultă din toate aceste reacţii şi pentru a proba trebuie să ne sprijinim pe principiul lui Berthelot din termochimie care se enunţă astfel : "cantitatea de căldură degajată

de un sistem nu depinde decît de starea iniţială şi starea finală, oricare ar fi natura şi urmările stărilor intermediare "(principiul stării iniţiale şi stării finale). Aplicat la organismele vii, principiul arată că se produce o cantitate de căldură în organism de către reacţiile ce le suferă alimentele, cantitate ce este egală cu diferenţa dintre căldura lor de combustie şi aceea a excreţiilor, oricare ar fi reacţiile intermediare. Deci: căldura produsă de organism = căldura de combustie a alimentelor - căldura de combustie a excreţiilor.

Verificarea experimentală a fost făcută de Atwater (1899) care a ţinut un om în stare de echilibru nutritiv dîndu-i o raţie a cărei căldură era măsurată în bomba calorimetrică. Subiectul trăia într-o cameră calorimetrică ce măsura toată căldura degajată. Pe de altă parte, era măsurată căldura de combustie şi a excreţiilor. Experienţa a durat 93 de zile şi iată rezultatele numerice :

- diferenţa dintre căldura de combustie a alimentelor şi aceea a excreţiilor : 2719 cal.;
- căldura culeasă de calorimetru : 2716 cal.

Deci legile termochimiei se verifică quasi-perfect.

Termoliza, adică pierderea de căldură, are o importanţă mult mai mare decît termogeneza. Căldura este eliminată din organism sub două forme principale :

- căldura indicată de termometru şi care în cea mai mare parte este împrăştiată în mediul ambiant prin radiaţie şi convecţie;
- căldura latentă ce este întrebuinţată pentru vaporizarea apei la nivelul pielei şi pulmonilor.

După experienţele lui Atwater iată cum se repartizează căldura emisă de un om :

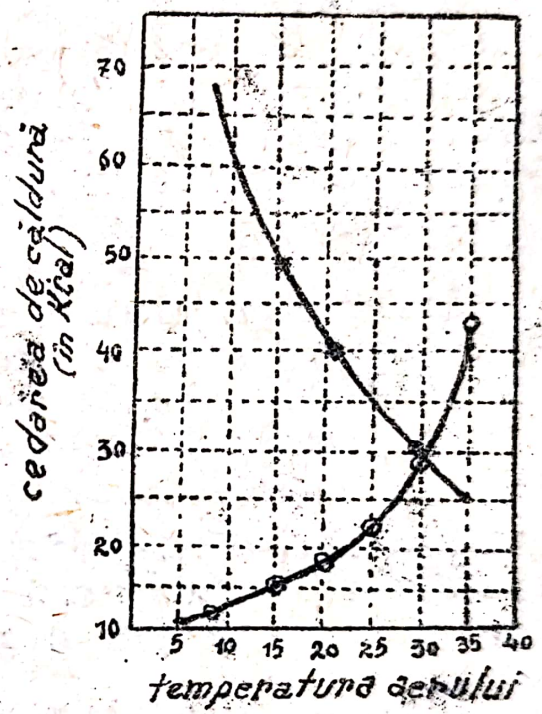
- prin radiaţie = 43,75%
- " încălzirea aerului din jur (conductibilitate) = 30,85%;
- evaporarea apei de pe suprafaţa pielei şi din plămîni = 20,67%;
- pentru muncă = 1%;
- pentru încălzirea alimentelor şi a apei introduse = 1,55%;
- pentru încălzirea aerului expirat = 1,29%

Deci total 100%.

Deci cea mai mare parte din căldură se pierde prin radiaţie şi convecţie (cca. 75,5%=1651 cal.)şi mai puţin sub forma de căldură latentă (piele,pulmoni cca. 21%). După acelaşi autor, evaporarea cutanată şi pulmonară au în repaus, valori egale.

Aceste cifre variază foarte mult în funcţie de proprietăţile fizice ale aerului. Cu cît diferenţa dintre temperatura pielei şi a mediului înconjurător (aerului) este mai mare, cu atît creşte pierderea de căldură prin conductibilitate şi iradiere şi invers, la temperaturi ale mediului apropiate de temperatura pielei, sau care întrec temperatura pielei, creşte brusc pierderea de căldură prin evapo

In figura alăturată este reprezentată corelaţia dintre fiecare mijloc de pierdere a căldurii prin piele şi temperatura aerului.



Trebuie să mai ţinem seama că uneori posibilitatea de pierdere a căldurii prin iradiere încetează mai repede decît cea prin conductibilitate şi convecţie pentru că o serie de elemente care ne înconjoară, se pot încălzi mai mult decît aerul. Ori acest mijloc de pierdere a căldurii are rol important în schimbul general de căldură cu mediul înconjurător.

La temperaturi ale mediului egale sau mai mari decît cele ale organismului, pierderea de căldură se produce numai prin evaporare, datorită căreia se asigură posibilitatea executării unui travaliu muscular. Evaporarea apei este un mijloc puternic de luptă contra ridicărilor de temperatură căci fiecare gram de apă ce se evaporează reprezintă cel puţin 536 cal. La această evaporare de apă concură două mecanisme : evaporarea cutanată şi cea pulmonară.

Evaporarea cutanată nu este un procedeu general căci nu apare decît la animalele a căror suprafaţă cutanată este prevăzută cu glande sudoripare, capabile de a secreta într-un timp dat, o cantitate apreciabilă de lichid. Din a.p.d.v. omul este animalul cel

mai bine înzestrat (se pierde 10% din căldură) căci cu 1 g de sudoare se elimină 0,58 kcal. Cum la o temperatură medie omul elimină 800 cc sudoare, el va pierde 450-500 kcal.

Evaporarea pulmonară prin respiraţie, este un factor puţin important. In adevăr, deşi aerul expirat este mai cald decît cel inspirat, din cauza micei călduri specifice a aerului această diferenţă este mică ca agent de răcire. La om se pierde cam 1 g apă pe kilocorp şi pe oră. Ea este dublă şi chiar cu mult mărită după curse rapide. In general prin plămîni se elimină 12% din căldură. Această pierdere este foarte marcată la animalele la care apa nu se poate elimina prin piele (păsări şi animalele cu blană), animale la care apare o polipnee cînd temperatura centrală depăşeşte 41,5°C. Cîinile are o respiraţie foarte frecventă (pînă la cîteva sute de ori pe sec.) şi dacă i se închide botul, ţinut în soare, temperatura lui creşte atît încît în cele din urmă poate să moară.

Dar ca şi producerea de căldură şi pierderea de căldură este influenţată de mai mulţi factori. Dacă se elimină factorii ce pot influenţa termogeneza pentru un homeoterm: digestia, travaliul muscular şi variaţiile de temperatură ale mediului exterior, ceea ce se realizează prin repaus alimentar, repaus muscular şi neutralitate termică, se constată la un acelaşi individ că termoliza variază considerabil după următorii factori :

1. Influienţa taliei. Dacă se împarte căldura totală produsă la greutatea animalului, adică dacă se raportează cantitatea de căldură la unitatea de greutate, se găseşte că producţia diminuă pe măsură ce animalul este mai greu :

animalul	greutatea	căldura degajată pe kg şi oră
om	70	1,35
copil	7	4,12
cîine	5-11	2,60
şoarece	0,125	11,83
	0,025	35,00

Deci animalele mici degajă, proporţional mai multă căldură. Faptul se exprimă prin legea taliilor (Regnault şi Reiset 1849) după care un animal cu cît este mai mic, cu atît producerea sa de căldură pe unitatea de greutate, este mai mare. Fenomenul se ex-

plică prin aceia că deperdiţia se face mai ales la suprafaţa corporală şi că această suprafaţă creşte mai greu decît greutatea pentru corpurile ce au forme geometrice asemănătoare.

Admiţînd o proporţionalitate riguroasă între suprafaţă şi producerea calorică, se poate vedea care este relaţia dintre căldura degajată pe kg şi talie. Dacă notăm cu l' şi l" lungimile a două animale asemănătoare, suprafeţele lor vor fi proporţionale cu pătratele acestor lungimi şi dacă admitem că producerile de căldură Q' şi Q" sînt proporţionale cu suprafeţele, putem scrie :

$$Q' = k.l'^2$$
$$Q'' = k.l''^2$$

Greutăţile animalelor (P' şi P") sînt proporţionale cu volumele, acestea din urmă fiind ele însăşi proporţionale cu cuburile lungimilor l' şi l". Producţiile pe unitatea de greutate (q' şi q") vor fi deci :

$$q' = \frac{Q'}{P'} = \frac{k.l'^2}{k'.l'^3} = \frac{k}{l'}$$

$$q'' = \frac{Q''}{P''} = \frac{k.l''^2}{k'.l''^3} = \frac{k}{l''}$$

de unde :

$$\frac{q'}{q''} = \frac{l''}{l'}$$

relaţie care este tocmai legea taliilor. Legea nu este verificată decît pentru animalele de aceiaşi specie.

2. Influenţa suprafeţei. In raţionamentul precedent am admis că producerea de căldură nu depinde decît de mărimea suprafeţei. Dacă ar fi astfel, producerea de căldură pe unitatea de suprafaţă trebuie să fie aceiaşi oricare ar fi animalul considerat, cu condiţia să fie homeoterm. Ori iată un tablou care ne dă căldura degajată pe m^2 şi pe oră, pentru diverse animale :

om	(70 kg)	= 45,5 cal.	şoarece	(0,12 kg)	= 35,4
cîine	(7,5 kg)	= 47,0 cal.	cobai	(0,09 kg)	= 37,0
"	(3,2 kg)	= 44,5 cal.	canar	(1,55 kg)	= 46,1
iepure	(2,9 kg)	= 42,4 cal.	"	(0,34 kg)	= 58,8

Se deduce din aceste date că producerea de căl-

dură raportată la unitatea de suprafaţă este deci de o aceiaşi ordine de mărime pentru animale diferite în ce priveşte specia şi talia. De unde legea suprafeţelor (Richet 1884): "pentru toate homeotermele (păsări sau mamifere), cantitatea de căldură produsă pe m.p. este aceiaşi în 24 ore (cca.10% şi cam 1000 cal.)". In realitate, această lege nu este decît aproximativă. Lapicque a arătat pe păsările că pentru o diferenţă de temperatură destul de mare între organism şi mediul ambiant, schimburile calorice pe unitatea de suprafaţă sînt cu atît mai mari cu cît animalul este mai mic. La temperaturi ridicate lucrurile se petrec invers : unitatea de suprafaţă a păsărilor mari degajă mai multă căldură decît cele mici.

După legea fizică a lui Newton, deperdiţia de căldură prin radiaţie a unui corp cald aşezat într-un mediu rece este proporţională cu suprafaţa corpului. Deperdiţia trebuind să fie egală cu producerea pentru ca temperatura să rămînă constantă, această lege fizică pare la prima vedere că dă explicaţia legei fiziologice a suprafeţelor. Trebuie totuşi să remarcăm că legea suprafeţelor se verifică atunci cînd temperatura exterioară este la nivelul de neutralitate termică. Ori condiţiile vieţii celulelor sînt aceleaşi la toate speciile, astfel că pare logic ca termogeneza să fie proporţională cu masa protoplasmei, adică cu greutatea cînd temperatura exterioară este la punctul de neutralitate termică. Deci, această lege deşi se aplică cel mai bine, nu este încă deplin explicată d.p.d.v. fizic.

Iată un tablou ce dă producţia de căldură a homeotermelor ce aparţin speciilor cu talie şi greutăţi foarte diferite. Această producere este raportată la o aceiaşi unitate (kg) de greutate corporală, pentru a permite comparaţia (coloana 4-a).

specia.	greutatea.	p. de neutr. termică.	prod. de căldură pe kg. şi 24 ore.	prod. de căldură pe m.p. şi 24 ore.	M.B.
şoarece	20 g	33°	288 cal.	1050 cal	44 cal.
şobolan	150 g	33°	192 "	1080 "	45 "
porumbel	300 g	29°	156 "	1080 "	42 "
cobai	500 g	25°	93 "	888 "	37 "
iepure	2000 g	10-30°	81 "	868 "	36 "
cîine	7000 g	26°	57 "	868 "	36 "
om	70 kg	26°	24 "	936 "	39 "
Diferenţa	1200%			10%	

3. Influenţa tegumentelor şi îmbrăcămintei.

Starea suprafeţei şi mai ales natura îmbrăcămintei trebuie să intervină în fenomenul de deperditie calorică. Animalele acoperite cu pene sau blană rezistă mult mai bine la deperditie. Astfel, un iepure normal degajă 9,96 cal. în timp ce unul ras degajă 15,86 cal. Un om "a jeune" în picioare şi dezbrăcat degajă 124,4 cal. în timp de 24 ore, în timp ce îmbrăcat 79,2 cal. Rolul protector al îmbrăcămintei este de a imobiliza aerul. Mişcările aerului fiind oprite, înseamnă că unul dintre factorii cei mai importanţi ai răcirei - convecţia - este suprimată. Adăugăm că în aceste condiţiuni pierderile prin conductibilitate sînt foarte mici căci conductibilitatea aerului este foarte mică. O îmbrăcăminte va apăra cu atît mai bine cu cît porii săi sînt mai mici, deci cu cît este mai groasă. Un alt factor în deperditie îl constituie culoarea : iepuri albi au o deperditie mai mică decît cei gri şi mult mai mică decît cei negri. Acest rezultat este conform cu faptele în ce priveşte puterea emisivă şi absorbantă a suprafeţelor, căci un corp cu suprafaţa clară absoarbe mai puţin decît unul cu suprafaţa sumbră. Se poate creşte artificial puterea emisivă a pielei prin ungerea ei cu unele substanţe (ulei, vernis, etc.). Deperditia în acest caz poate fi atît de mare, încît animalul sfîrşeşte cu moartea dacă nu este aşezat într-un loc cald.

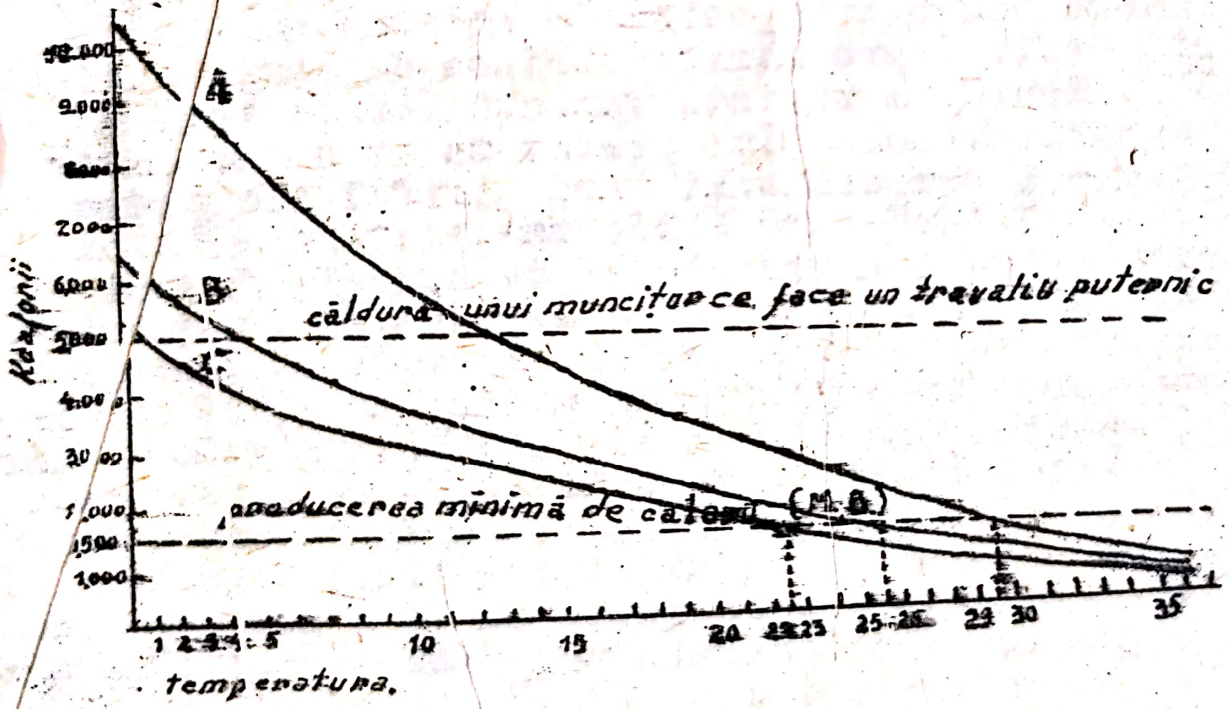
Omul suplează lipsa de acoperire a pielei prin portul îmbrăcămintei. Importanţa vestmîntului rezultă din experienţa arătată mai sus. Lefèvre a repetat experienţa cu curenţi de aer de diferite viteze şi a observat că protecţia creşte pe măsură ce creşte viteza curentului de aer. Ca şi blana şi penele, hainele vor fi cu atît mai protectoare cu cît imobilizează un strat mai gros de aer, dar în acelaşi timp trebuie să fie cît mai uşoare.

Pentru a studia valoarea diverselor îmbrăcăminţi, Bergonié a construit un bust de cupru gol pe care l-a înnegrit la exterior pentru a creşte puterea emisivă şi l-a umplut cu apă la 37°C. El a observat apoi timpul în care bustul s-a răcit cu 1°, fie că era gol, fie acoperit cu diverse vestminte. Coeficientul de utilitate al vestmîntului era definit prin raportul t"/t'. Iată rezultatele :

	Greutatea	coef.de util.
cămaşe de lînă şi mătase.	190 g.	1,50
" " flanelă	465	1,75
vestă " "	152	1,35
" " vănătoare	853	1,60
veston " postav de iarnă	1355	1,90
palton dublat cu mătase	1875	2,50
macferlan impermeabil	1800	2,10
haină de blană (vizon)	4200	4,50

El a mai constatat că simpla desfacere a unui buton este suficientă pentru a modifica complect coeficientul vesmîntului. In alegerea unui vestmînt trebuie să intervină şi alte considerente igienice. De ex.trebuie să fie destul de permeabil pentru aer pentru ca evaporarea transpiraţiei să se poată face în bune condiţiuni. Din acest p.d.v. flanela absorbind toată sudoarea,va antrena răcirea prin evaporare,care este necesară pentru reglarea termică.

Figura de mai jos ne arată curbele deperdiţiei totale şi temperaturile limite în curenţi de aer (om) :



A = corp gol,curent de 3,50 m; B = corp acoperit, curent de 3,50 m; C = corp acoperit,curent de 1 m.

Dacă se taie curbele deperdiţiei cu paralelele absciselor,ordonata 1500 dă la punctele de intersecţie temperaturile limite în diverse cazuri de

deperditie (23°,25°,29°C) cu cît individul va fi mai îmbrăcat,cu atît va fi mai jos punctul de neutralitate termică.

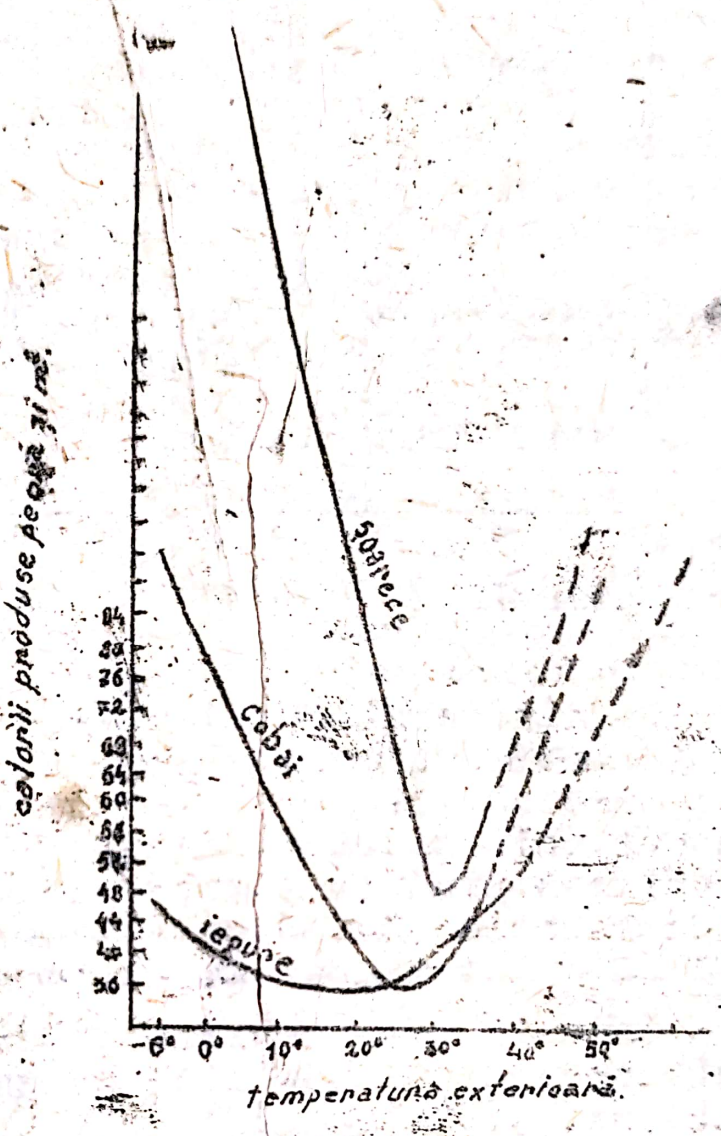
4. Influenţa temperaturii ambiante. Legea lui Newton asupra răcirei corpurilor ne arată că variaţiile de temperatură a unui corp într-un timp scurt sînt proporţionale cu diferenţa dintre temperatura corpului şi aceea a mediului ambiant.De aici rezultă că dacă corpul ar rămîne identic,indiferent de temperatura exterioară,o creştere a deperditiei se produce atunci cînd scoboară temperatura exterioară. In realitate,această influenţă este diferită după cum animalul este un poikiloterm sau un homeoterm.

Pentru animalele poikiloterme pentru care producerea de căldură este inferioară aceleia a homeotermelor,producerea de căldură variază în funcţie de mediul exterior şi anume este foarte mică pentru temperaturi coborîte (de ex.0°) şi creşte cu creşterea temperaturii. La 37° producerea calorică a reptilelor şi batracienilor nu atinge totuşi decît 1/5 - 1/10 din aceea a homeotermelor de aceeaşi greutate.

Pentru homeoterme,celulele acestor animale nu pot trăi decît între limite strînse de temperatură (25-45°). Pentru a rezista variaţiilor de temperatură exterioară,ele sînt prevăzute cu un mecanism de reglare a temperaturii lor. Astfel ele produc mai multă căldură cînd scade temperatura mediului exterior. Figura alăturată ne dă curbele de producere de căldură la mai multe animale în funcţie de temperatura mediului exterior. Se vede că toate aceste curbe trec printr-un minim care,fără să fie acelaşi pentru toate speciile,are totuşi valori foarte apropiate. Temperatura exterioară ce corespunde minimului de producţie calorică a unui homeoterm este aşa numitul punct de neutralitate termică. Este un zero în afară de care,fie de o parte,fie de alta,temperatura exterioară provoacă o reacţie a sistemului termoregulator.

Corpul uman reacţionează la variaţiile de temperatură ale mediului exterior prin modificarea suprafeţei sale (fenomen vaso-motor) ce acţionează asupra deperditiei. Acest lucru face să nu se ştie " a priori" cum se vor petrece lucrurile în timpul experienţei. Rezultatele obţinute de diverşi autori în această privinţă nu sînt concordante. Pentru unii

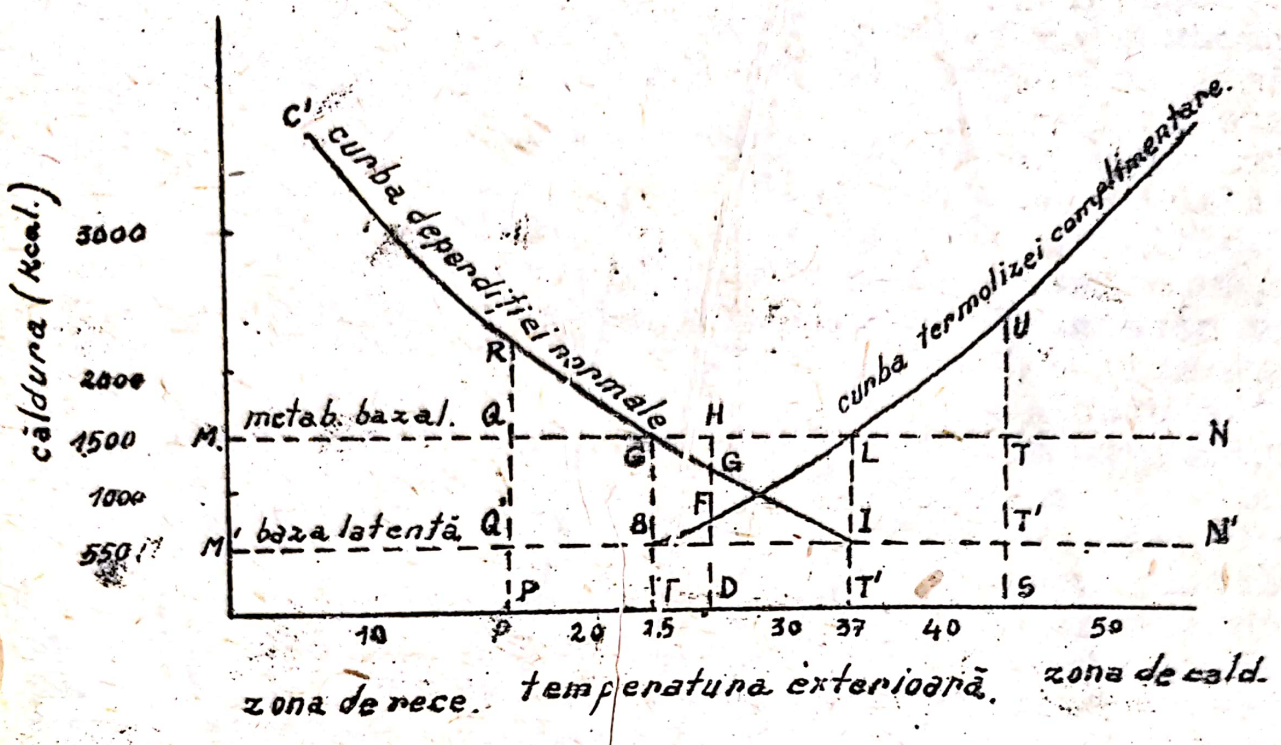
minimum de emisiune calorică se petrece între 20-25°. După alţii se produce un maximum de degajare la 14° pentru iepure şi la 18° pentru copil. În fine, după Lefèvre care s-a ocupat mult cu această problemă se constată că la om şi animale degajarea de căldură creşte regulat pe măsură ce diminuă temperatura ambiantă. Se poate ca acest lucru să să nu fie o regulă generală mai ales la om, fiecare individ reglînd termogeneza sa după un mecanism propriu. Este sigur că în această privinţă, antrenamentul joacă un rol de bază.



In medie, la om neutralitatea termică este la + 26°C. Această cifră se etalonează pentru un individ dezbrăcat în aer nemişcat. Pentru un individ îmbrăcat ea se coboară la 18°C şi în apă ea se ridică, din cauza conductibilităţii termice, la + 36°C.

In figura de pe pagina următoare este indicată schema exterioară a termoreglării de repaus la om (zona critică): T şi T' reprezintă temperaturile critice ale termoreglării. Prima (T = 25°C) este aceea a neutralităţii termice unde încetează lupta contra frigului şi începe lupta contra căldurii; cealaltă (T' =37°C) este temperatura corpului, temperatură şi ea critică pentru că sub ea mediul exterior primeşte căldură de la corp în timp ce dea-

supra ei lucrul se petrece invers.



Cadrilaterul CTT'I format din ordonatele punctelor critice şi orizontala MN încadrează zona critică care separă la stînga şi la dreapta cele două zone de cald şi rece. Linia C'RC prelungită în zona critică pînă la I, reprezintă curba de deperdiţie iar linia C'RCLN este curba de producţie calorică la orice temperatură.

Centrii termoreglării. Centrul termoreglării numit centrul căldurii, se găseşte în diencefal, în regiunea hipotalamică la baza ventricolului al III-lea în regiunea numită tuber cinereum, căci dacă se înţeapă cu ac lung diencefalul sau dacă se excită cu un curent de înaltă frecvenţă această porţiune, temperatura se ridică. Activitatea centrului termic este reglată de doi factori : unul reprezentat de temperatura sîngelui iar celălalt de influenţele reflexe. In adevăr dacă sîngele care irigă diencefalul are o temperatură mai mare, acest centru este excitat şi în activitatea organismului apar modificări ce contribuie la scăderea temperaturii.

Un rol excepţional de mare în reglarea temperaturii îl joacă scoarţa cerebrală putîndu-se elabora chiar reflexe condiţionate. Astfel un cîine era aşezat pentru cîteva ore într-o cameră cu temperatura de 22°C; în aceste condiţiuni temperatura cîinelui se ridica. După cîteva zile cîinele a fost pus

în aceeaşi cameră dar care era încălzită numai pînă la 10°C şi totuşi temperatura animalului se ridica. S-au făcut cercetări şi pe conductorii vagoanelor de marfă, adică pe oameni care sînt nevoiţi să stea mult timp iarna pe platforme deschise în timpul mersului trenurilor. După cum reiese din cercetările întreprinse, la aceste persoane are loc o creştere a termogenezei. Totuşi la aceiaşi însoţitori nu creşte termogeneza dacă ei se găsesc în oraş pe platforma de frînă a vagonului sau în curtea clădirii laboratorului, în aceleaşi condiţiuni de temperatură.

Dacă unui animal homeoterm i se extirpă tuberţinereum, animalul se comportă ca un poikiloterm.

Calorimetria .

Operaţia prin care se determină o cantitate oarecare de căldură se numeşte calorimetrie. Determinarea căldurii totale de topire nu prezintă nici un interes pentru că variază cu temperatura iniţială a corpului; mai importante sînt determinarea căldurii latente şi a căldurii specifice.

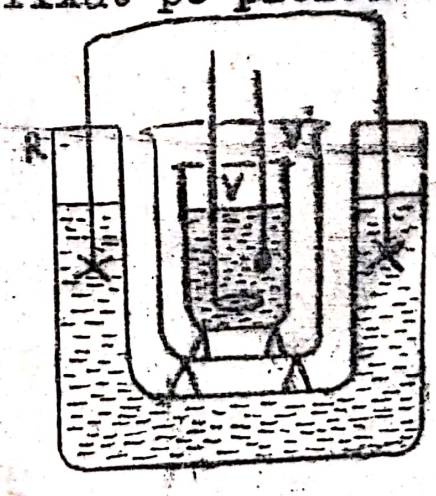
Aparatele cu care se fac astfel de determinări, se numesc calorimetre.

Un calorimetru perfect, adică un calorimetru care să nu primească sau să nu dea o cantitate oarecare de căldură în mediul exterior, nu există; totuşi calorimetrele ce se cunosc sînt foarte perfecţionate, putîndu-se face cu ele determinări de precizie.

Se cunosc trei mari grupe de calorimetre şi anume : calorimetre fizice, chimice şi biologice.

Calorimetrele fizice . Sînt diverse tipuri dintre care cele mai folosite sînt :

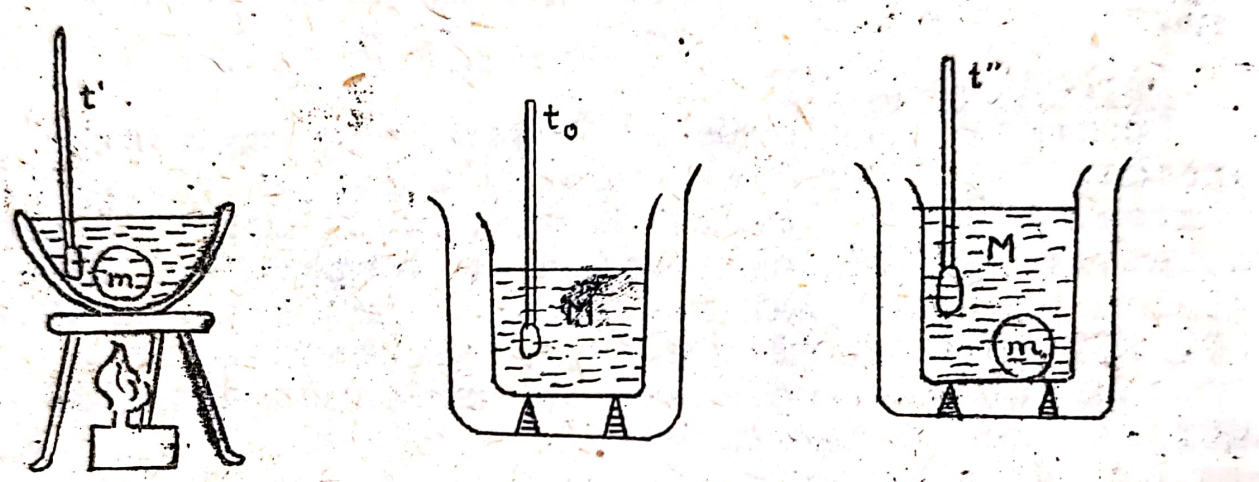
- tipul de calorimetru folosit pentru "metoda amestecurilor" : un vas (V) cilindric de platină lustruit la exterior este fixat pe picioare izolate pe un alt vas (V') tot cilindric dar lustruit la interior şi care la rîndul lui este fixat tot pe picioare izolate. Totul este închis într-un recipient (R) ce conţine o cantitate mare de apă ce este agitată încet cu ajutorul unui agitator mecanic



şi a cărui temperatură rămîne practic constantă în tot timpul determinării. In vasul calorimetric (V) se introduce o masă oarecare (M)de apă,un agitator din acelaşi material ca şi vasul şi un termometru.

Determinarea se face astfel : corpul a cărui căldură specifică de ex. vrem s-o aflăm,este încălzit mai întîi într-o baie cu apă. Presupunem (m) masa corpului şi (t')temperatura băii.

In calorimetru introducem o cantitate oarecare cunoscută (M) de apă şi măsurăm temperatura iniţială (t_o).



Scoatem corpul din baie,îl cufundăm în calorimetru şi agităm încet. Corpul cedează căldură apei şi-i urcă temperatura. Fie (t") temperatura finală după stabilirea echilibrului termic.

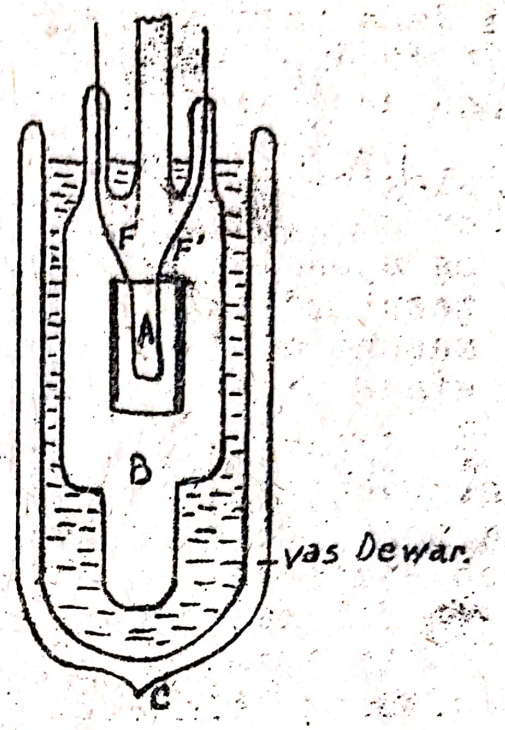
Căldura specifică (c) o aflăm după formula :

$$c = \frac{M.(t'' - t_o)}{m.(t' - t'')} \text{ cal./g}$$

- Un alt tip este calorimetrul electric şi se bazează pe faptul că curentul electric permite de a se produce schimbări termice cunoscute. Astfel, aşezînd într-un calorimetru o spirală de platină a cărei rezistenţă este de R ohmi şi prin care facem să treacă un curent de I amperi în timp de t",cantitatea de căldură produsă exprimată în ergi va fi: $10^7.R.I^2.t$ sau în calorii : $R.I^2.t.0,24$

Tehnica de lucru este următoarea : într-un vas Dewar (sticla termos) se pune corpul a cărui căldură specifică vrem s-o măsurăm. Incălzim corpul trecînd prin spirala de platină (F-F') ce se găseşte în interiorul aparatului,un curent cu intensitatea de I amperi,timp de t secunde. Cu ajutorul unui

termometru se cunoaşte astfel cantitatea de căldură furnizată. Măsurarea ridicării de temperatură ne va permite să calculăm căldura specifică. Termometrul întrebuinţat poate fi un cuplu termoelectric sau chiar însăşi rezistenţa de platină (căci valoarea sa variază cu temperatura).



Această metodă a fost folosită de Nernst pentru determinarea căldurii specifice la temperaturi coborîte.

In determinările ce se efectuează în special prin metoda amestecurilor trebuie să ţinem seama pentru majoritatea corpurilor organice de :

- Alterabilitatea lor posibilă în apă în momentul imersiei în calorimetru (de disoluţia unora din constituenţii principali). Acest neajuns se înlătură introducînd substanţa respectivă într-o cutie mică, închisă şi cu pereţii subţiri de platină, cutie căreia îi cunoaştem greutatea în apă, iar în alte cazuri prin înlocuirea apei cu un alt lichid ce nu alterează substanţa respectivă dar a cărui căldură specifică trebuie cunoscută (de ex. serul fiziologic).

- Alterabilitatea în aer datorită încălzirii. Pentru aceasta trebuie să ne ţinem întotdeauna de limitele de temperatură permise ce sînt compatibile cu integritatea ($37^{\circ}C$). In unele cazuri este preferabil de a scădea temperatura în loc s-o creştem. Se observă o scădere a temperaturii după amestecul în astfel de condiţiuni şi a cărei determinare este suficientă pentru calcul. Pentru a evita alterabilitatea din cauza uscăciunii aerului, substanţa va fi închisă într-o cutie de platină în care se introduce şi o cantitate de lichid ce nu are nici o influenţă asupra substanţei. Vom ţine seama în calcul de greutatea apei sau a lichidului adăugat.

- Reaua conductibilitate termică, susceptibilă de a face nesigure determinările atît înainte cît şi după amestec. Eroarea se evită la minimum dacă se divide fragmentul în bucăţi mici.

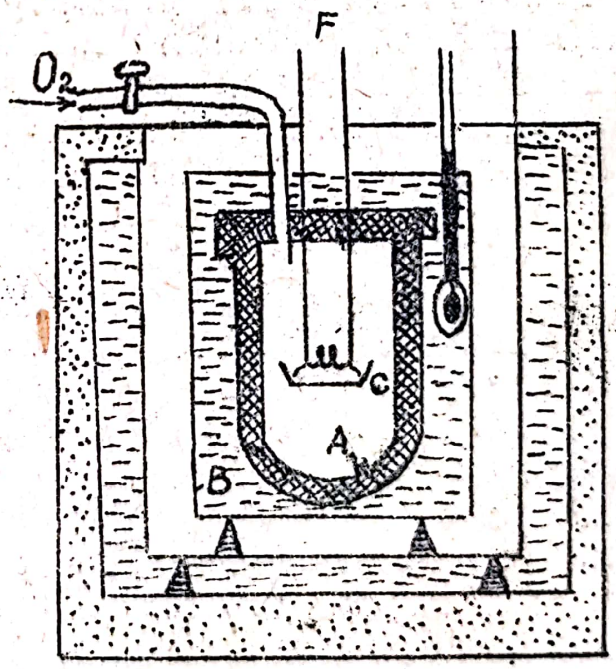
Iată căldurile specifice ale unor ţesuturi biologice :

os compact. . . .	0,03	sînge arterial	0,8724
os spongios . . .	0,71	" venos	0,8708
ţesut adipos .	0,712	ser sanguin	0,9401
muşchi striat .	0,825	sînge de oaie	0,8720
sînge uman . . .	0,710	lapte de vacă	0,9920

Calorimetria chimică. O reacţie chimică se întovărăşeşte în general cu o schimbare termică ce poate fi măsurată cu ajutorul unui calorimetru, schimbare ce poate fi exotermică sau endotermică.

Cel mai adesea se lucrează în vas deschis, adică la presiune atmosferică normală cînd în reacţie nu se degajează şi cînd variaţia de volum şi deci travaliul efectuat sînt neglijabile faţă de efectul termic.

Dacă în reacţie intră un gaz, se lucrează în volum constant, în care caz travaliul este nul. Acest fel de determinare se face cu bomba calorimetrică care este formată dintr-un vas de oţel(A) aşezat într-un calorimetru(B) plin cu apă. In interiorul vasului(A) se găseşte o capsulă de platină (C) în care se pune substanţa destinată arderii. Pentru ca arderea să fie completă şi rapidă, se introduce oxigen prin tubul (O), după care totul se închide ermetic cu un capac solid. Se trece apoi un curent electric prin filamentul (F) ce vine în contact cu substanţa supusă arderii. Filamentul se înroşeşte, iar substanţa supusă experienţei se aprinde şi arde complet.



Intrucît aparatul este cufundat în apă, toată căldura produsă în timpul arderii se transmite apei şi poate fi măsurată exact în calorii. Cunoscînd greutatea substanţei şi numărul de calorii obţinute, putem afla cîtă căldură se degaje în timpul arderii unui gram de substanţă.

Dăm mai jos un tabel cu principalele substanţe organice ce intră în alimentaţie sau în compoziţia ţesuturilor :

uree	2,690-2,537	Kcal/g
acid uric	2,747-2,620	" "
glucoză	3,739-3,939	" "
zaharoză	3,962-4,176	" "
dextrină	4,117	" "
lactoză	4,162	" "
glicogen	4,187	" "
celuloză	4,209	" "
amidon	4,227-4,116	" "
glicerină	4,261-4,305	" "
fibrină sang.	5,529-5,508	" "
acid hipuric	5,568	" "
albumină veget.	5,660	" "
albumină de ou	5,687-5,577	" "
cazeină	5,717	" "
vitelină	5,784	" "
hemoglobină	5,914-5,949	" "
gălbenuş de ou	8,124	" "
alcool etilic	7,054	" "
unt	9,179-9,223	" "
ulei de măsline	9,335	" "
grăsime de om	9,372	" "

Deaceea se admite că în medie, căldura degajată organismului de 1 g de substanţă, are următoarele valori pentru grupele mari de principii alimentare :

glucide	4,1	Kcal./g
protide	4,1	" "
lipide	9,4	" " (grăsimea animală dă 9,461 Kcal./g iar cea vegetală 9,520 Kcal/g.

De fapt un g. protide dă 5,65 Kcal. în bomba calorimetrică căci ard complect şi 4,1 Kcal. în organism căci aci ard pînă la acid uric, uree, etc., compuşi cu o putere calorifică încă destul de mare.

După aceste cifre se poate calcula exact valoarea energetică sau termogenă a unei raţii oarecare dacă se cunoaşte compoziţia exactă

Calorimetria biologică. Măsurarea cantităţii de căldură produsă de organismele vii poate fi făcută prin două metode diferite :

- direct, prin măsurarea calorimetrică a cantităţii de căldură degajată de animal în condiţiuni determinate;
- indirect, prin determinarea combustiilor şi transformărilor chimice efectuate într-un timp dat de animalul luat în stare de echilibru perfect, adică ce nu pierde şi nici nu cîştigă în greutate în timpul experienţei.

A. Calorimetria directă trebuie să se supună următoarelor condiţii :

- animalul să fie în stare de echilibru termic cu mediul, adică nici să nu ia, nici să nu dea căldură mediului ambiant;
- mediul gazos în care respiră animalul trebuie să aibă o temperatură constantă;
- experienţa trebuie să dureze un timp atît de îndelungat cît dorim, iar în ce priveşte rezultatele trebuie să avem certitudinea că măsurăm toată cantitatea de căldură degajată de animal, că nu am măsurat decît această căldură şi să avem posibilitatea de a înregistra automat şi fără corecţie toate caloriile degajate.

In toate calorimetrele biologice directe, sursa de căldură (animalul) a cărui putere calorifică se măsoară, se aşează astfel încît să producă variaţii termice asupra unui corp convenabil ales, numit corp calorimetric, aşa că măsurarea exactă a acestor variaţii va duce la aflarea rezultatului căutat. După natura corpului calorimetric, avem următoarele sisteme:

aparate cu corp calorimetric solid;
" " " " lichid;
" " " " gazos.

- Aparatele cu corp calorimetric solid utilizează ghiaţa. Metoda preconizată de Lavoisier şi Laplace nu mai este utilizată deoarece animalul supus experienţei este ţinut imobilizat într-o atmosferă rece în care pierde deci o mare cantitate de căldură prin radiaţii şi conductibilitate.
- Aparatele cu corp calorimetric lichid utilizează în acest scop apa.
- Aparatele cu corp calorimetric gazos (aerul) sînt cele mai utilizate.

In funcţie de principiul de funcţionare, calori-

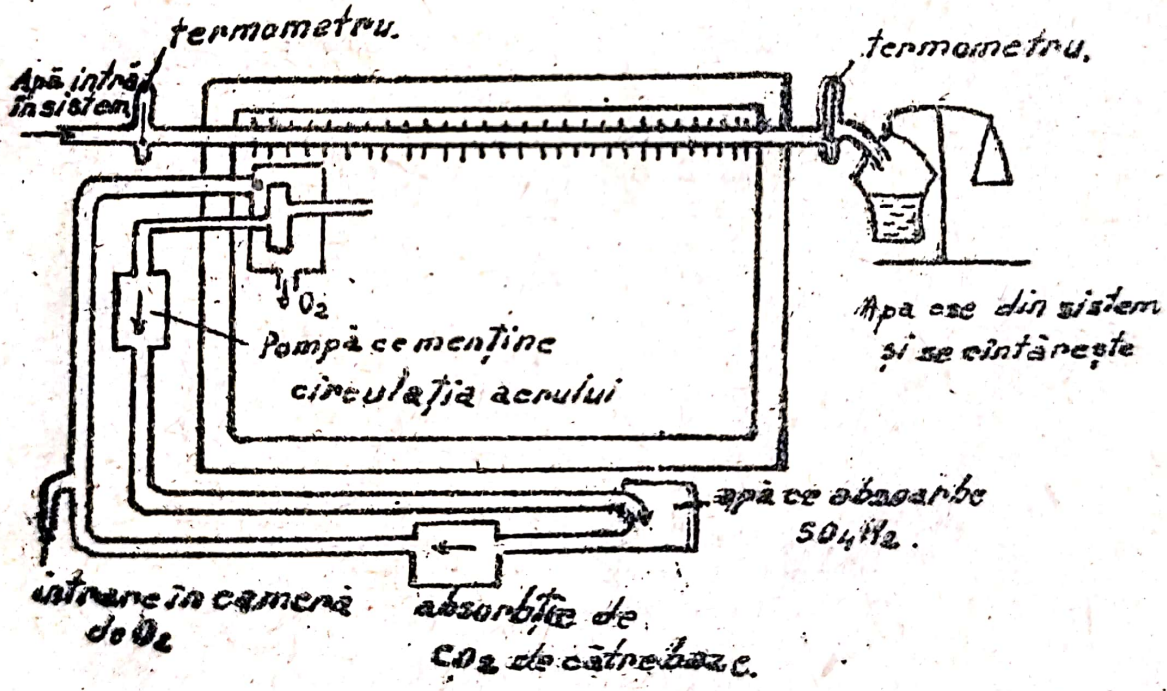
metrele biologice directe se împart în:

- calorimetre compensatoare;
- calorimetre diferenţiale.

Metoda calorimetrelor compensatoare constă în a compensa căldura degajată de subiect corpului calorimetric printr-o refringenţă constantă şi convenabil reglată astfel încît temperatura calorimetrului să rămîie staţionară.

In acest tip de calorimetre citäm calorimetrul compensator al lui Atwater şi al lui d'Arsonval.

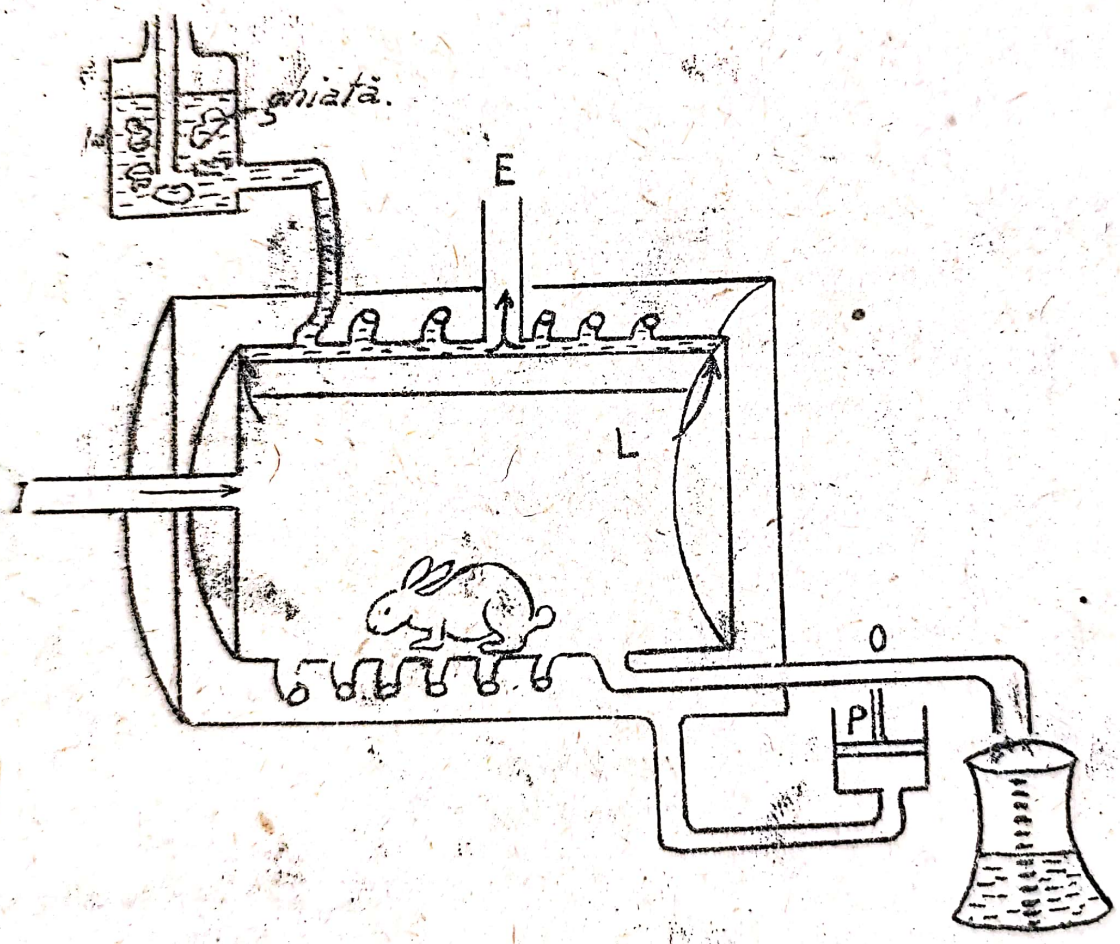
Calorimetrul compensator al lui Atwater este format dintr-o cameră metalică mare prevăzută cu o deschizătură de acces pentru introducerea hranei şi o instalaţie specială de ventilaţie. Dimensiunile camerei pot fi atît de mari, încît să înxasiunile camerei pot fi atît de mari, încît să înxasă un pat, un scaun, o masă şi unele aparate cu ajutorul cărora omul să poată efectua o muncă mecanică oarecare. Camera metalică are pereţi dubli, iar între aceşti pereţi se află un strat de aer rău conducător de căldură. Pentru a se evita eventualele pierderi de căldură, temperatura pereţilor exteriori ai camerei calorimetrice este menţinută la acelaşi nivel ca şi ai pereţilor interiori ai camerei, încălziţi de căldura degajată de om. Această egalizare de temperatură se face cu ajutorul unui încălzitor electric special. In partea superioară a camerei se instalează un sistem de ţevi prin care cir-



culă neîncetat un curent de apă. Căldura degajată de om nu măreşte temperatura camerei ci se transmite apei. Cunoscînd temperatura apei care intră şi a celei care iese, ca şi a masei de apă care se încălzeşte, se poate calcula uşor cantitatea de căldură degajată de om în timpul cît durează experienţa.

Numeroasele cercetări făcute au arătat că un om care efectuează o muncă fizică mică, degaje în medie 2500 Kcal în 24 ore.

Un alt tip de calorimetru compensator este calorimetrul compensator al lui d'Arsonval ce este format dintr-o cuşcă metalică cu pereţii dubli şi a cărei cavitate centrală este ocupată de animalul



supus experienţei, în timp ce cealaltă cameră, cuprinsă între cei doi pereţi, se umple cu petrol. Petrolul este străbătut de un serpentin alimentat continuu de un vas Mariotte umplut cu apă ce este menţinută la 0°C cu ajutorul unor bucăţi de ghiaţă. Scurgerea din serpentin se face într-un vas gradat şi este reglată de un obturator acţionat de un piston şi care comunică cu petrolul dintre peretii dubli. Aerul necesar respiraţiei vine prin tubul (I) şi iese prin (E) după ce s-a laminat în tot lungul traiectului

indicat de săgeţi, între perete şi o lamă metalică ce formează un fals plafon dar care asigură schimburile de căldură dintre acest aer şi aparat.

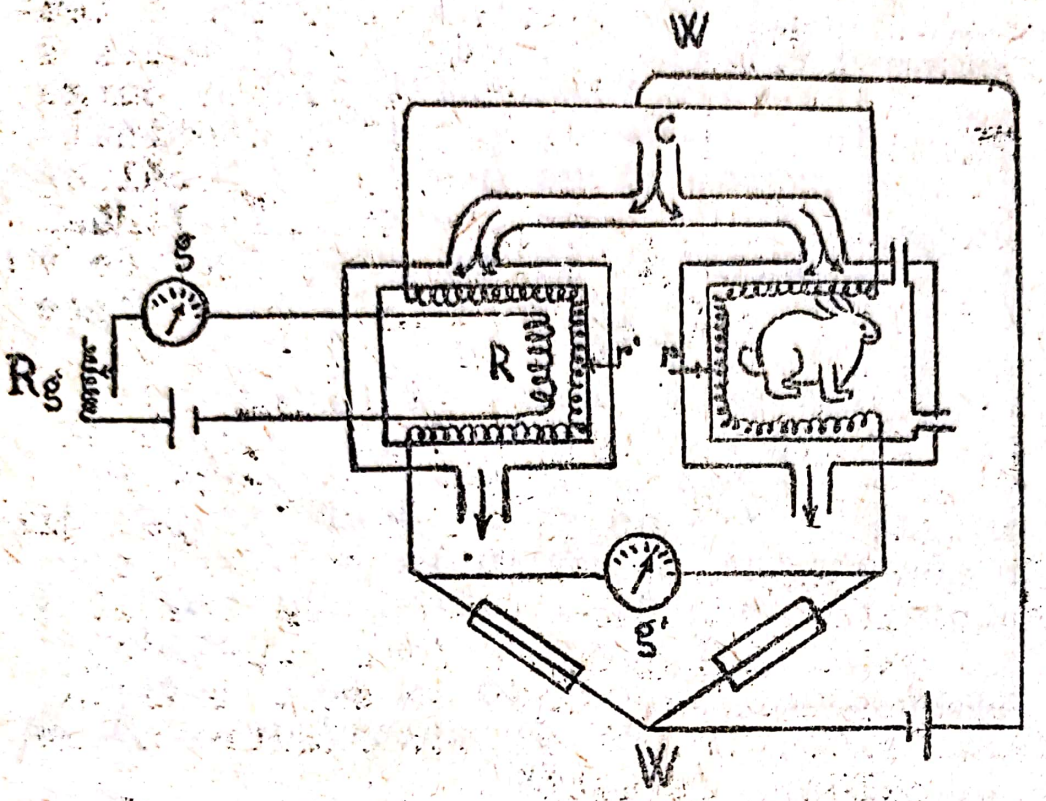
Se aşează animalul în aparat şi se reglează astfel ca dilataţia petrolului să înceapă să deschidă obturatorul cînd acest lichid a atins o temperatură oarecare (de ex. 30°C) care va fi aceea a experienţei. Apa rece din flaconul Mariotte curge atunci în serpentin şi răceşte petrolul conţinut între pereţii dubli, imediat ce acesta se încălzeşte sub influenţa căldurii degajate de animal. Măsurarea caloriilor produse de animal este dată de volumul de apă ce se scurge în vasul gradat. Fiecare litru trecînd dela 0 la 30°C a luat cîte 30 cal.

Dacă avem grije ca să intre în aparat prin (I) aer saturat cu vapori de apă la 30°, surplusul de vapori pe care-l cîştigă traversînd plămînii unde se saturează la 37°, se condensează pe pereţii interiori ai aparatului ce rămîn la 30°, restituind căldura latentă ce o duce (presiunea maximă a unui vapori ce saturează spaţiul ce-l cuprinde, depinde de temperatură şi creşte cu ea). Această căldură latentă este strînsă de calorimetru şi se totalizează cu căldura degajată.

Cutia aparatului trebuie aşezată într-o încăpere adiabatică ce nu permite schimburi de căldură.

Pe un cu totul alt principiu se construieşte calorimetrul diferenţial, dintre care prototipul cel mai perfecţionat este cel al lui Noyons: două cutii metalice identice sînt menţinute la o aceeaşi temperatură constantă cu ajutorul unei circulaţii de apă (C). Intr-una din cutii este plasat animalul şi în cealaltă se găseşte o surs să de căldură artificială constituită de o rezistenţă (R) ce este străbătută de un curent electric. Pe pereţii interiori ai celor două cutii sînt dispuse două reţele bolometrice (suduri termoelectrice : r şi r') ce formează cele două braţe ale unei punţi Wheatstone (W). Sub influenţa căldurii degajate de animal, rezistenţa bolometrului (r') creşte şi acul galvanometrului (g') ce serveşte de aparat de zero, deviază. Se trece atunci un curent electric în rezistenţa de încălzire (R) a celeilalte cutii şi se reglează rezistenţa (R_g) astfel ca să se

aducă iar la zero acul galvanometrului. In acest moment, căldura produsă de sursa artificială este egală cu cea produsă de animal. Nu ne rămîne decît să evaluăm căldura degajată în rezistenţa (R), lucru ce este uşor cunoscînd valoarea în ohm a acestei



rezistenţe şi intensitatea curentului care o parcurge, intensitate arătată de galvanometrul (g) aplicînd legea lui Joule :

$$Q = 0,24.R.i^2.t$$

Acest gen de calorimetru în care se egalizează producerea de căldură a unei surse reglabile cu aceea a animalului, constituie o veritabilă balanţă calorimetrică ce măsoară perfect căldură pierdută prin radiaţie.

Avantagii :

- este un aparat foarte sensibil;
- permite observaţii de scurtă durată;
- dacă galvanometrul este înregistrator, se pot înscrie grafic cele mai mici variaţii în producerea de căldură ale subiectului;
- aparatul măsoară toată cantitatea de căldură (căldura radiată şi căldura latentă) căci apa ce se evaporă se recondensează în cameră şi restituie căldura sa latentă.

B. Calorimetria indirectă. Lavoisier primul, a făcut o apropiere între arderea cărbunelui şi schimburile gazoase ale respiraţiei. El credea că poate determina cantitatea de căldură pe care o produc reacţiile chimice ce au loc în organism din

simpla cunoaştere a CO_2-ului exalat, presupunînd că acidul carbonic provine din oxidarea carbonului. Acest raţionament nu poate fi exact căci presupune că numai oxidările sînt singurele reacţii producătoare de energie; ori s-a văzut că acestea nu constituie decît 85-86% din energia totală disponibilă, restul fiind furnizat de diferite fenomene chimice (hidratări, dedublări, etc.). S-a încercat să se facă acelaşi calcul din cantitatea de O_2 consumat. In realitate energia chimică transformată în căldură, nu poate fi evaluată numai prin O_2 consumat sau CO_2 excretat. Pentru a calcula cantitatea de energie transformată în căldură în cursul unei reacţii chimice, trebuie aplicat principiul "stării iniţiale şi a stării finale" (Berthelot).

Practic această determinare se poate face prin două mari metode :

- metode de confiere (aparate cu circuit închis);
- aparate cu circuit deschis.

Metode de confiere. Practic, o astfel de determinare se poate face prin mai multe procedee :

1) Procedeul cel mai simplu constă în a aseza animalul într-o cameră închisă. Se iau prize de gaz la începutul şi sfîrşitul experienţei şi se analizează cele două eşantioane culese. Cunoscînd volumul total al recipientului, se poate calcula cantitatea de O_2 absorbit şi de CO_2 exalat. Ca exemplu de astfel de aparate avem oxigenograful lui L. Fredericq; Krogh, Knipping, Benedict, interferometrul Noyons.

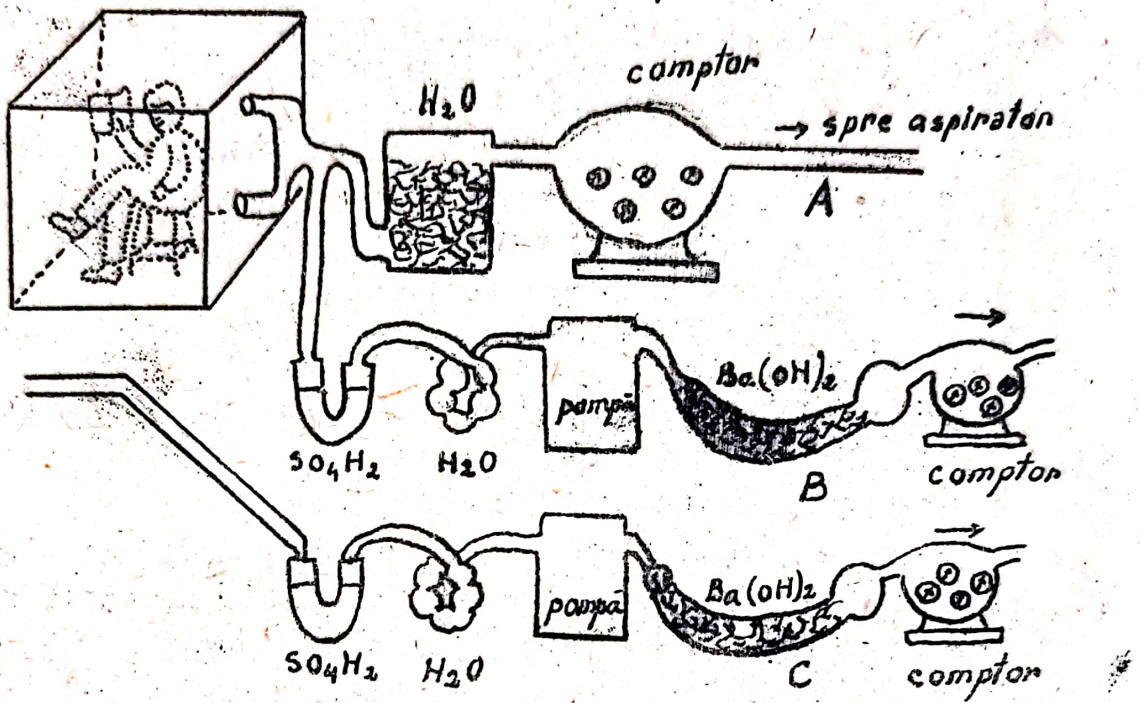
Metoda are inconvenientul că facem să respire animalul într-o atmosferă confinată a cărei compoziţie variază în cursul experienţei. Trebuie ca aerul respirat să aibă aceeaşi compoziţie ca şi cel atmosferic.

2) Se poate face ca individul să respire acelaşi aer cu condiţia ca să-l lipsim de CO_2 pe măsură ce se produce şi să-i restituim oxigenul ce dispare prin respiraţie. Pentru aceasta este suficient de a lăsa să treacă oxigen astfel încît presiunea să rămîie constantă. Se utilizează potasă pentru a absorbi CO_2-ul produs. Creşterea greutăţii potasei şi volumul de O_2 introdus, dau toate elementele calculului pentru schimburile gazoase.

3) Se trece un curent continuu de aer în camera în care se găseşte animalul şi se analizează

aerul înainte şi după traversarea incintei. Deoarece este incomod de a analiza tot acest aer, se face să treacă încet cu ajutorul unei derivaţii, o fracţiune cunoscută de curent gazos în tuburile cu potasă şi cu SO_4H_2 ce vor fixa CO_2 şi H_2O conţinute

C. = eşantion de aer exterior, măsurat şi analizat pentru comparaţie.



A = curent de aer principal neanalizat; B. = Porţiune de aer analizat şi măsurat la ieşirea din cameră.

în gaz. Un sistem de comptoare sau un gazometru va măsura cantitatea totală de aer ce a trecut într-un timp dat. Această metodă permite de a se calcula cantitatea de CO_2 şi H_2O exalate, dar nu dă nici o indicaţie directă asupra O_2-ului fixat.

4) **Metoda eşantioanelor.** In loc să facem ca individul să respire într-o cameră, îl putem lăsa în aer liber dar culegînd gazele din expiraţie fie cu ajutorul unui piese bucale, narinele fiind închise, fie cu ajutorul unei măşti respiratorii, cînd, graţie unui joc de clapete, aerul ce a trecut prin căile respiratorii, este aruncat într-un sac sau în spirometru. Se prelevă eşantioane exact măsurate de aer inspirat şi expirat ce se analizează. Se măsoară cu ajutorul unui compter de gaz sau spirometru, volumul de aer ce a trecut prin pulmoni într-un timp dat (15'-1 oră) şi se calculează astfel uşor schimburile gazoase globale.

Metoda eşantioanelor este aplicată în aparatele cu circuit deschis pentru măsurarea metabolismului bazal.

In funcţie de ceea ce se determină prin metoda calorimetrică indirectă, aceasta se împarte în două mari grupe de procedee :

A. Metoda alimentară (bilanţul alimentar). Cunoscînd exact greutatea şi compoziţia procentuală în glucide, lipide şi protide a raţiei alimentare a subiectului, se poate calcula uşor echivalentul energetic ştiind numărul de calorii corespunzător celor trei grupe de principii alimentare.

Dacă nu variază greutatea individului, adică dacă nu distruge din propria substanţă pentru a suplea insuficienţa raţiei şi nici nu pune în rezervă o cantitate oarecare de energie, se poate admite că toată energia potenţială adusă de alimente se consumă sub formă de energie actuală. Din cifrele caloriilor alimentare se vor scădea caloriile neutilizate, adică porţiunea neabsorbită de alimente ce este eliminată prin materiile fecale.

Metoda nu dă decît o aproximaţie grosolană şi în nici un caz nu se poate aplica pentru determinarea metabolismului bazal.

B. Metoda schimburilor respiratorii se împarte la rîndul ei în :

- Metoda oxigenului consumat : O_2 este utilizat de organism pe măsură ce se absoarbe, deci utilizarea lui ne va marca în fiecare clipă intensitatea combustiilor întrucît la fiecare litru de O_2 consumat, corespunde la o anumită cantitate de energie care s-a format : deci există posibilitatea ca după cantitatea de O_2 consumat să se cunoască cantitatea de energie cheltuită.

Pentru determinarea energiei cheltuit de organism în cursul unei perioade determinate (de repaus sau activitate) trebuie să cunoaştem :

a) cantitatea de oxigen consumat în acea perioadă;

b) cantitatea de energie ce se eliberează în urma consumului unui litru de O_2 pentru procesele de oxidare (coeficientul caloric al unui litru de O_2). Acest coeficient nu este acelaşi pentru toate grupele de substanţe alimentare. Astfel în organism un litru de O_2 la 0° şi presiunea de o atmosferă ce arde glucide degaje 5,04 Kcal.; pentru protide degaje 4,60 Kcal. iar pentru lipide 4,68 Kcal. Pentru a evita calculele complicate ce survin într-o alimentaţie obişnuită mixtă se admite că în medie un litru O_2 degaje 4,83 Kcal. Operaţiile de efectuat

se reduc astfel la măsurarea consumului de O_2 într-un timp dat. Inmulţind valoarea găsită cu 4,83 se ajunge la o valoare aproximativă a metabolismului energetic, exprimată în calorii.

- Metoda bioxidului de carbon eliminat. Măsurarea cantităţii de CO_2 exalat este foarte simplă căci este deajuns de a trece aerul expirat prin potasă care fixează CO_2 şi de a măsura creşterea în greutate a acestui corp. Astfel s-a încercat să se calculeze cantitatea de căldură cedată de raţia alimentară a organismului prin măsurarea CO_2-ului eliminat. Dar din nenorocire o aceeaşi greutate de CO_2 corespunde la cantităţi de căldură diferite după natura alimentaţiei şi anume : pentru 1 g de CO_2 ce arde glucide se obţin 2,6 Kcal., pentru protide 2,8 Kcal. iar pentru lipide 3,3 Kcal. Luîndu-se ca valoare medie 2,9 Kcal., se comite o eroare de 20% în funcţie de regimul alimentar.

Metoda este deci mai puţin precisă decît precedenta.

- Metoda cîtului respirator. Prin cîtul respirator se înţelege raportul dintre CO_2 eliminat şi O_2 consumat într-un timp dat. Acest raport este inferior lui 1 căci un om consumă în 24 ore 516 litri O_2 şi elimină 445 litri CO_2, deci Q.R.=0,881.

Valoarea Q.R-ului permite deducţii de o importanţă capitală asupra naturii combustibilului utilizat de ţesuturi căci Q.R. variază cu natura alimentaţiei. Astfel pentru glucide el are valoarea 1, pentru lipide 0,7125 iar pentru protide variază între 0,78 şi 0,82 (media 0,80).

Q.R-ul unui subiect sănătos, în repaus şi supus unei alimentaţii mixte, este de 0,82-0,85 (Krog). Cîteodată poate creşte peste 1 (cînd grăsimea se formează pe socoteala glucidelor, în hiperventilaţie pulmonară -alcaloza gazoasă -prin eliminare de CO_2 în cursul exerciţiilor violente în care se acumulează acid lactic şi se elimină CO_2 din sînge, după administrarea de insulină, etc.). Valoarea lui scade în diabet, hipertiroidism, somn, hiperclorhidrie provocată de injecţii cu histamină şi în ingestii abundente cu $NaHCO_3$ ce fixează CO_2-ul din sînge şi realizează astfel o alcaloză negazoasă.

Metoda schimburilor gazoase poate fi ameliorată determinînd în plus, azotul eliminat prin urină, ceea ce ne dă printr-un calcul simplu, cantitatea de

proteine arse şi CO_2 ce provine din această combustie.

Dacă este vorba de un animal ce a epuizat rezervele sale de glucide şi trăieşte din consumul de lipide şi protide proprii, se poate cunoaşte acidul carbonic ce provine din arderea grăsimilor. Se aplică acestei cantităţi restante de CO_2 coeficientul corespunzător, adică de 3,3 Kcal./g de CO_2.

Se mai poate calcula energia corespunzătoare combustiei grăsimilor, plecînd de la oxigen (deducţia făcută din cantitatea întrebuinţată pentru a arde proteinele), ceea ce constituie un control.

In cazul în care subiectul utilizează toate cele trei feluri de grupe alimentare, se poate determina în cantitatea totală de O_2 consumat, părţile ce au survenit pentru a arde ffecare din cele trei feluri de grupe alimentare, măsurînd simultan azotul urinar, oxigenul fixat şi acidul carbonic eliminat. Este destul atunci de a aplica fiecăreia coeficienţii termici ai oxigenului pentru diferitele materii arse. Această metodă (Kaufmann) nu poate fi aplicată în experienţele de scurtă durată din cauza întîrzierii în excreţia de azot, în raport cu schimburile gazoase.

In rezumat deci, din toate metodele schimburilor gazoase, cea mai curent utilizată este metoda consumului de oxigen şi care la rîndul ei poate utiliza două grupe de aparate :

- aparate cu circuit închis (Benedict, Krogh, Knipping, etc.);
- aparate cu circuit deschis.

In primul grup de aparate se poate calcula şi Q.R. prin măsurarea CO_2-ului degajat. După unii autori (Dautrebande, Hafdane) inhalarea de oxigen pur antrenează modificări în circulaţia pulmonară şi ventilaţia pulmonară.

Aparatele cu circuit deschis aplică metoda eşantioanelor prin care se poate calcula de asemeni Q.R.

Din determinările făcute, rezultă următoarele cantităţi de energie exprimate în Kcal., ce sînt necesare efectuării de munci fizice diferite în timp de 8 ore :

muncă fizică puţin intensă . . .	2400 Kcal.
funcţionar de birou	2500 "
cusătoreasă de mînă	2700 "

cusătoreasă cu maşina . . . :3000 Kcal.
muncitor metalurgic . . . . .3300 "
secerător . . . . . :4000 "
fierar . . . . . :4100 "
tăietor de lemne . . . . . .6000 "
salahor . . . . . .8900 "

Un om adult ce duce o viaţă sedentară lipsită de eforturi musculare violente produce circa 2400 Kcal.în 24 ore. Această cantitate de căldură este suficientă pentru a încălzi corpul său cu 1° într-o jumătate de oră.Dacă această căldură s-ar acumula în organism,temperatura acestuia ar atinge în 36 ore,temperatura apei ce fierbe.Cele 2400 Kcal.se descompun în două părţi şi anume :

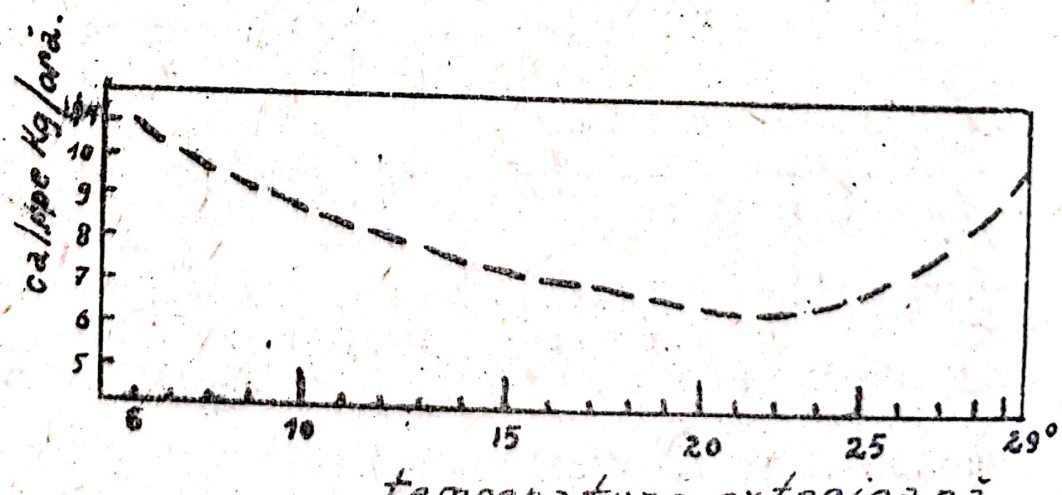
- cheltuiala de fond (1600-1700 Kcal.)ce este independentă de activitatea exterioară, dar care este absolut necesară întreţinerii funcţiilor vitale (circulaţia,respiraţia,secreţia glandulară,etc
- cheltuiala de funcţionare (800 Kcal.)cuprinde mai ales cheltuiala cauzată de travaliul muscular,reglarea termică şi alimentaţie (a.d.s.).Insă aceste 800 de Kcal.se repartizează diferit în alte circumstanţe diferite de această valoare normală. Astfel :

a) Influenţa travaliului muscular este preponderentă. Nici un travaliu nu este gratuit,aşa cum am văzut şi mai sus.

b) Travaliul intelectual contrar unor opinii curente,nu are nici o influenţă.

c) Travaliul glandular produce o uşoară creştere mai ales cînd funcţionează activ.

d) Reglarea termică este considerabilă la homeoterme.



La o scădere a temperaturii exterioare organismul îşi creşte termogeneza : contracţii musculare,frison,activitate hepatică.Dacă temperatura

exterioară este prea mare, organismul luptă prin termoliză, secreţie de sudoare, vaso-dilataţie cutanată, polipnee. Lupta nefiind gratuită, ambele cazuri cer deci o creştere a metabolismului. Astfel L. Fredericq (1882) a observat o creştere a consumului de O_2 cînd temperatura exterioară se ridică sau se coboară dela 18-20°C (neutralitatea termică).

e) Influenţa alimentaţiei : acţiunea dinamică specifică a alimentelor.

Pentru îndeplinirea unei munci, omul are nevoie de un surplus de hrană ce este necesar în primul rînd pentru activitatea mărită a circulaţiei, respiraţiei şi transpiraţiei şi în al doilea rînd pentru munca fizică executată. Pentru activitatea internă se consumă 80% din energia produsă de alimente, în timp ce 20% se consumă pentru lucrul efectuat; astfel omul poate transforma în lucru util circa 20% din energia pe care o capătă din hrană.

Metabolismul bazal. Nu este altceva decît cheltuiala de fond raportată la oră şi la m^2 de suprafaţă corporală.

Am văzut că asimilarea alimentelor, travaliul muscular şi variaţiile temperaturii exterioare cresc producerea calorică a homeotermelor. Suprimînd aceste cauze de creştere, termogeneza lor se coboară la un minim ireductibil (cheltuiala de fond) care nu depinde decît de suprafaţa corporală a individului considerat. Din această cauză, condiţiile unei bune determinări de metabolism bazal sînt :

- Repausul absolut. Subiectul va fi culcat în pat fiindu-i interzisă cea mai mică mişcare. Este de recomandat şi repausul psihic şi moral. Trebuie să stea cît mai comod; înainte de determinare să fie în repaus 1/2 oră şi să nu fi efectuat vreun efort violent timp de 7-8 ore înainte.

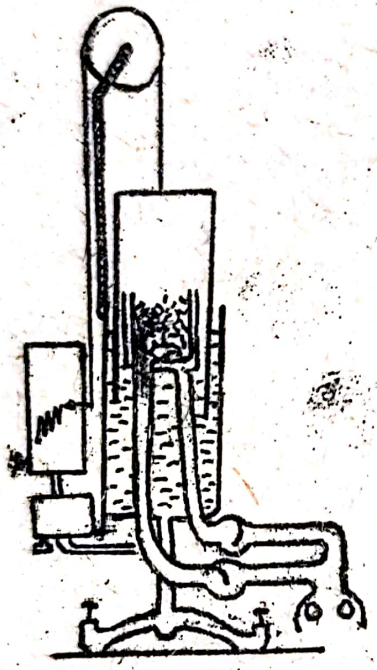
- In condiţii de neutralitate termică, adică în condiţii astfel ca să nu lupte nici contra căldurii, nici contra frigului, adică, fie îmbrăcat într-o cameră cu temperatura de 18°C, fie dezbrăcat în baie cu o temperatură a apei de 36°C.

- Trebuie să fie nemîncat de 16 ore şi în repaus azotat de 48 ore. Este bine ca cca. 3 zile înainte de examinare să nu consume decît glucide; toate acestea pentru a evita a.d.s.a alimentelor.

După ce s-au realizat aceste condiţii se trece la determinarea propriu zisă ce se face fie cu

ajutorul aparatelor cu circuit închis (mai utilizate) fie a celor cu circuit deschis.

. Aparatele cu circuit închis îşi datoresc acest nume faptului că individul respiră într-o cupolă închisă şi se măsoară oxigenul consumat prin diminuarea volumului de gaz respirator menţinut la o presiune normală. CO_2 eliminat prin respiraţie este absorbit cu var sodat. Pentru ca variaţia de volum să fie cît mai mare posibilă, se utilizează oxigenul pur care nu modifică cheltuiala. Pe acest principiu s-a construit aparatul Benedict-Roth : individul respiră într-o cutie spirometrică umplută cu O_2.



La fundul cutiei se găseşte varul sodat. De obicei variaţiile de 1 mm ale înălţimei corespund unei cheltuieli de o calorie pe oră şi pentru o durată de 6 minute. Trebuie să se facă însă corecţiile de temperatură şi presiune. Mişcările clopotului se înscriu grafic. Circulaţia aerului este asigurată cu ajutorul unei măşti ce se aplică etanş pe faţă şi graţie jocului unor ventile. Se poate determina şi creşterea în greutate a varului sodat şi astfel aflîndu-se CO_2 expirat se poate determina Q.R.-ul şi deci se poate preciza mai bine valoarea coeficientului termic al oxigenului. Se măsoară astfel consumul de oxigen într-un timp limitat de 6 sau 10 minute. Se raportează acest rezultat la o activitate de 24 de ore şi se înmulţeşte cu coeficientul mediu de 4,83 pentru a cunoaşte caloriile degajate în 24 ore.

Aparatele cu circuit deschis. Subiectul inspiră aerul atmosferic şi expiră într-un spirometru. Se determină apoi compoziţia unui eşantion din acest aer pentru a cunoaşte schimburile gazoase. Volumul de aer expirat se măsoară fie cu ajutorul comptoarelor de gaz sau al clopotelor spirometrice. Analiza gazului este făcută apoi într-un eudiometru în care se absorb succesiv acidul carbonic (printr-o soluţie de potasă) şi oxigenul (prin fosfor alb sau pirogalol). Măsurătorile trebuiesc făcute cu o pre-

cizie de circa 1/2000. Sînt tabele anumi ce dau valoarea calorifică a O_2-ului pentru diverse Q.R.

La un adult normal, metabolismul bazal este de 1600 Kcal. în 24 ore din care adevăratul travaliu celular, cheltuiala de fond a ţesuturilor, reprezintă 1200 Kcal. sau 3/4 din valoarea găsită. Din p.d.v. practic, pentru a compara metabolismul bazal al unui individ bolnav cu unul al unui individ sănătos, trebuie să raportăm valorile găsite la o unitate raţională căci de exemplu metabolismul bazal al unui individ de 80 Kg va fi mai ridicat decît cel al unui individ de 40 Kg, fapt din care a decurs legea suprafeţelor după care M.B. trebuie raportat nu la greutate, ci la unitatea de suprafaţă. Dar după cum ştim nici această lege nu este exactă căci nu ţine seama decît de căldura pierdută prin radiaţie, fără să ţină socoteala de căldura folosită pentru încălzirea aerului respirator şi a căldurii latente de vaporizare a apei eliminată prin piele şi prin căile respiratorii (25-30% din căldura totală). Mai mult, temperatura pielei este departe de a fi aceeaşi peste tot şi prin urmare cantitatea de căldură radiată spre mediul exterior variază de la un punct la altul. Ori legea lui Newton ne arată că un corp pierde căldură prin radiaţie proporţional cu diferenţa de temperatură ce există între acel corp şi mediul exterior. S-a ajuns astfel să se ţină seama de raportul dintre talie-înălţime. De ex. dacă a fost vorba de un adult cu o talie de 1,70 m şi cu o greutate de 70 Kg ce a absorbit în 10 minute 2,442 l. O_2 (socotit la 0° şi la 760 mm Hg) producţia sa calorică raportată la oră va fi de : 2,442.6.4,83 =70,97 Kcal. După graficul de mai sus (al lui Du Bois) vedem că un individ cu o astfel de talie şi greutate are o suprafaţă de 1,82 m². Metabolismul său bazal va fi 70,97/1,82 =39 Kcal.

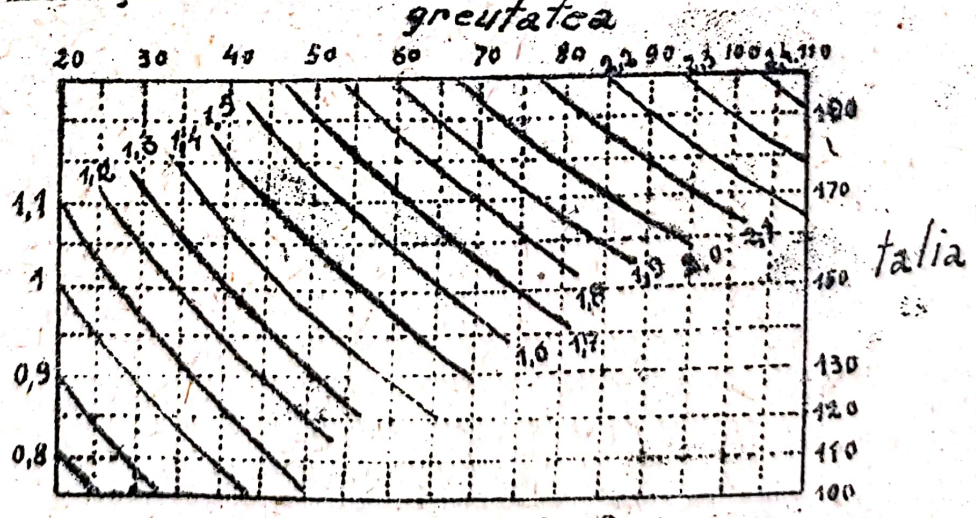


Diagrama lui Du Bois.

Suprafaţa corporală se află prin mai multe formule dintre care :

1.Procedeul empiric al lui Du Bois cunoscut sub numele de înălţime-greutate :

$$S = 71{,}84 \cdot P^{0{,}425} \cdot H^{0{,}725}$$

S = suprafaţa exprimată în cm^2; P = greutatea în Kg; H = talia în cm.

Calculul care necesită întrebuinţarea logaritmilor este suprimat prin construcţia diagramelor ce dau rapid suprafaţa subiectului căruia îi cunoaştem greutatea şi talia. Această formulă dă o aproximaţie de 5% şi este cea mai utilizată în clinică.

2. Harris şi Benedict bazîndu-se pe rezultatele statistice,au stabilit o formulă ce dă cheltuiala de fond a unui individ normal(B)în funcţie de greutate (P) exprimată în Kg,talie (H) exprimată în cm şi vîrstă (A) exprimată în ani :

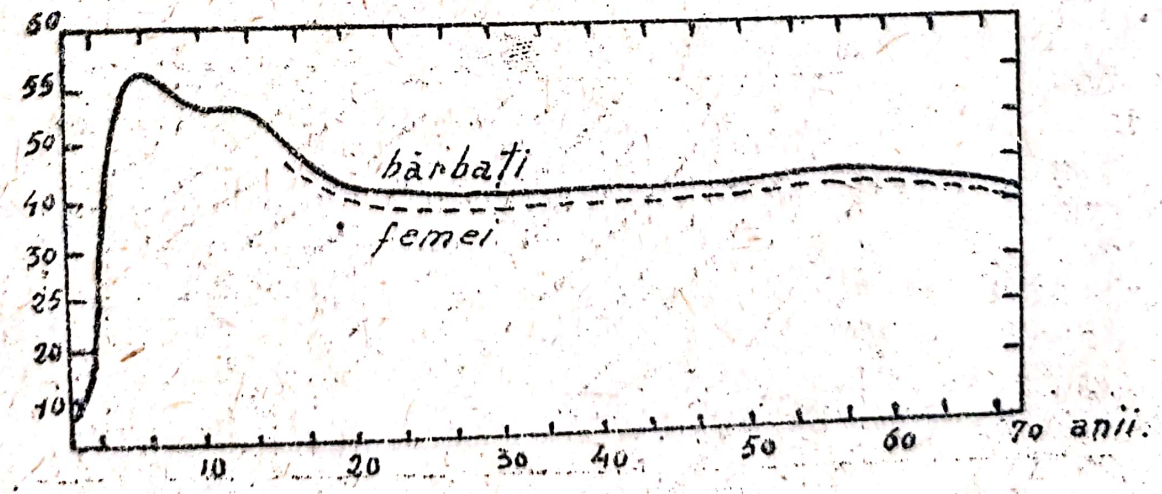
$$B = 66{,}473 + 13{,}752\,P + 5{,}003\,H - 6{,}755\,A$$

$$F = 655{,}096 + 9{,}563\,P + 1{,}850\,H - 4{,}676\,A$$

Aceste formule se verifică cu o mare exactitate pentru subiecte a căror greutate şi talie nu se depărtează prea mult de valorile medii.

Determinările făcute au arătat că metabolismul bazal,constant pentru un acelaş individ,este de cca.39 Kcal.la omul adult şi ceva mai mic la femee (37,5 Kcal.). Metabolismul bazal poate varia în funcţie de mai mulţi factori şi anume :

- Influenţa vîrstei. M.B.este mai mic la naştere (25-27 Kcal./m^2). Atinge maximum la 5 ani (55 Kcal.)şi apoi coboară lent pînă la 20 de ani.



O uşoară creştere se observă la pubertate ce este datorită unui puseu de hipertiroidism. Dela 20-30 de ani se stabilizează la 38-40 Kcal.ca

după 40 de ani să înceapă să coboare din nou.

- Influenţa sexului. După pubertate, M.B.al bărbatului depăşeşte cu 5-7% pe cel al femeei. La aceasta din urmă din cauza depunerii ţesutului adipos, diminuă masa activă. Metabolismul bazal creşte la femei în graviditate.

- Influenţe zilnice. La om M.B.scade uşor în timpul somnului.

- Influenţa alimentaţiei. O supraalimentaţie cu protide poate ridica M.B.pînă la peste 40%, valoare ce persistă chiar după repausul alimentar. Scade la indivizii nenutriţi.

- Influenţa constituţională. M.B.este mic la obezi din cauza ţesutului celular subcutanat puţin activ. Creşte la sportivi.

- Influenţe medicamentoase. Cafeina, adrenalina cresc M.B.; morfina şi iodul îl coboară iar antipireticele nu au nici o influenţă.

- Influenţe patologice. Creşte în stările febrile, hipertiroidism, hiperfuncţie hipofizară (acromegalie) suprarenală şi genitală, leucemie, anemie permicioasă; scade în hipotiroidism (mixedem, cretinism) pînă la 69%, infantilism hipofizar, insuficienţa suprarenală (boala lui Addison), la obezi.

Scanned with OKEN Scanner

Higrometria.

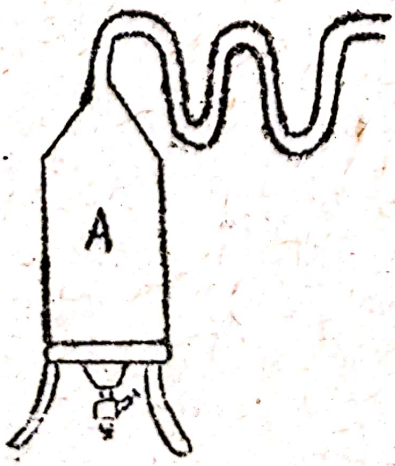
Evaporarea continuă a apei mărilor, rîurilor, transpiraţia plantelor şi a animalelor, cît şi evaporarea apei de ploaie, aduc necontenit vapori de apă în atmosferă. Prezenţa acestor vapori, adică a unităţii într-o cantitate mare în aerul în care trăiesc toate plantele şi animalele, face ca higrometria care se ocupă cu studiul umidităţii, să capete în fizică o importanţă aparte.

Intr-o atmosferă uscată se pierde o mare parte din apa din organism şi în acelaşi timp şi temperatura acestuia. Mucoasele devin uscate, apare senzaţia de sete, răguşeală, etc. Dacă atmosfera este prea umedă, se produce o evaporare extrem de redusă a apei din organism ceea ce tulbură echilibrul termic normal şi apare o senzaţie neplăcută de năduf. Viaţa, creşterea şi respiraţia plantelor este strîns legată de prezenţa apei; astfel vîrfurile rădăcinilor aeriene cresc în direcţia în care umiditatea aerului este mai mare.

Din cele de mai sus reese importanţa mare a determinării umidităţii aerului. Sînt mai multe feluri de umidităţi şi anume : umiditatea absolută, maximă şi relativă.

Umiditatea absolută reprezintă numărul de grame de vapori de apă pe care îi conţine un mc de aer la o temperatură anumită sau, presiunea vaporilor de apă conţinuţi în aer, presiune exprimată în mm de Hg la o temperatură dată.

Această umiditate se măsoară prin mai multe procedee dintre care cel mai exact este procedeul chimic : există multe substanţe ca SO_4H_2 conc., anhidrida fosforică, ClCa, etc. ce au proprietatea de a se combina chimic cu apa şi prin urmare a o absorbi. Un aparat bazat pe acest feñomen este următorul : un aspirator (A) se umple cu apă. De partea lui superioară se prind o serie de tuburi în formă de U în care se găsesc substanţele sus menţionate. Se cîntăresc tuburile înainte de experienţă. Se deschide apoi robinetul (r). Apa scurgîndu-se, se formează în vas un spaţiu rarefiat în care pătrunde aerul atmosferic. Acest aer lasă în tubul



contort toată umezeala. Cîntărind tuburile după terminarea experienţei, se află prin diferenţă greutatea (M) a vaporilor absorbiţi, iar volumul (V) al aerului se determină după cantitatea de apă scursă. Umiditatea absolută (q) va fi : $q = M/V$

Dar cunoscînd umiditatea absolută, nu ne putem da seama cît de aproape sau de departe se găseşte aerul de starea de saturaţie cu vapori. Astfel, vara pe o vreme călduroasă, aerul are cîteodată o mare umiditate absolută, dar datorită temperaturii ridicate, el este încă departe de punctul de saturaţie. Un astfel de aer ne va da senzaţia de aer uscăt, obiectele ude se usucă repede într-însul. Iarna însă la o temperatură scăzută şi la o mai mică umiditate, aerul ajunge uşor la saturaţie, fapt ce se manifestă prin formarea frecventă a ceţei şi a brumei. In momentul în care într-o regiune oarecare vaporii de apă au atins saturaţia (umiditatea maximă), condensarea lor produce precipitaţii. Se înţelege uşor că deoarece presiunea maximă a vaporilor saturaţi creşte cu temperatura, vom avea o cantitate mai mare de vapori de apă în atmosferă în timpul verii şi mai mică iarna. Totuşi formarea precipitaţiilor nu atîrnă atît de cantitatea absolută de vapori din atmosferă, cît de gradul lor de saturaţie. Adică cu cît sîntem mai aproape de saturaţie, cu atît este mai probabil că o mică variaţie de temperatură să condenseze vaporii şi să producă precipitaţii.

Din această cauză se determină obişnuit umiditatea relativă care se măsoară prin raportul dintre numărul de grame conţinuţi într-un mc de aer (umiditatea absolută) şi numărul gramelor de vapori saturaţi în aceleaşi condiţiuni (umiditatea maximă).

Dacă însemnăm umiditatea relativă cu (a), numărul gramelor de vapori conţinuţi în aer prin (q), iar cantitatea necesară pentru saturaţia lui prin (Q), vom obţine :

$$a = \frac{q}{Q}$$

Cu cît sînt mai mulţi vapori de aer, cu atît este mai mare forţa lor elastică. Prin urmare, însemnînd forţa elastică (presiunea vaporilor) respectiv prin p şi P, vom avea :

$$a = \frac{q}{Q} = \frac{p}{P}$$

Formarea precipitaţiilor este cu atît mai probabilă cu cît acest raport se apropie de unitate.

Deci, pentru determinarea umidităţii relative trebuie să cunoaştem presiunea vaporilor pe care îi conţine aerul la o anumită temperatură şi presiunea vaporilor care în aceleaşi condiţiuni, saturează aerul. Pentru această determinare se foloseşte aşa numitul "punct de rouă" (de condensare a apei - principiul lui Watt) : într-o eprubetă punem o cantitate oarecare de eter şi suflăm prin el un curent de aer Evaporarea eterului produce răceală şi la un moment dat pereţii eprubetei se aburesc pe din afară din cauza condensării vaporilor din aer. In acest moment am atins punctul de rouă şi temperatura eprubetei arătată de un termometru cufundat înăuntru este aceea la care vaporii de apă aflaţi în atmosferă în momentul experienţei, devin saturaţi. Notăm această temperatură şi căutăm în tabele speciale care este presiunea corespunzătoare a vaporilor saturanţi. Un al doilea termometru ne arată temperatura exterioară a mediului şi aceleaşi tabele ne dau presiunea vaporilor saturanţi la această temperatură. Raportul dintre cele două presiuni reprezintă prin definiţie , starea higrometrică.

temp.	pres.	greut. în g. în 1 mc	temp.	pres.	greut. în g. în 1 mc.
- 10	2,05	2,14	+ 10	9,2	9,4
- 9	2,13	2,22	+ 11	9,8	10,0
- 8	2,32	2,54	+ 12	10,5	10,7
- 7	2,53	2,76	+ 13	11,2	11,4
- 6	2,76	2,99	+ 14	12,0	12,1
- 5	3,01	3,24	+ 15	12,8	12,8
- 4	3,28	3,51	+ 16	13,6	13,6
- 3	3,57	3,81	+ 17	14,5	14,5
- 2	3,68	4,13	+ 18	15,5	15,4
- 1	4,22	4,46	+ 19	16,5	16,3
0	4,58	4,84	+ 20	17,5	17,3
+ 1	4,90	5,20	+ 21	18,7	18,3
+ 2	5,30	5,60	+ 22	19,8	19,4
+ 3	5,70	6,00	+ 23	21,1	20,6
+ 4	6,10	6,40	+ 24	22,4	21,8
+ 5	6,50	6,80	+ 25	23,8	23,0
+ 6	7,00	7,30	+ 26	25,2	24,4
+ 7	7,50	7,80	+ 27	26,7	25,8
+ 8	8,00	8,30	+ 28	28,4	27,2
9	8,60	8,80	+ 29	30,1	28,7

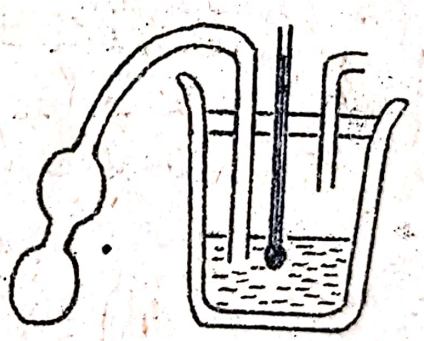
De exemplu să admitem că temperatura camerei este de + 18°C iar roua se formează pe obiectele cu temperatura de + 5°C. Folosindu-ne de tabelul de mai sus, aflăm că la + 18°C presiunea vaporilor saturati (P) este de 15,5 mm. In momentul apariţiei picăturilor de rouă, vaporii din straturile de aer care vine în contact cu corpul devin saturanţi, dar forţa lor elastică nu se schimbă simţitor, deoarece straturile răcite ale aerului vin liber spre corp. Găsim în tabel că la + 5°C p = 6,5 mm. Deci :

$$a = p/P = 6,5/15,5 = 0,42$$

Inmulţind rezultatul cu 100 obţinem în procente valoarea umidităţii relative a aerului, prin urmare a = 42%. Se află astfel umiditatea relativă fiziologică ce reprezintă umiditatea relativă exprimată procentual la temperatura corpului uman.

La o temperatură medie şi vînt slab, cele mai prielnice condiţii pentru echilibrul termic şi stare generală bună a organismului sînt realizate la o umiditate relativă a aerului cuprinsă între 30-60%.

Determinarea punctului de rouă se poate urmări comod cu ajutorul aparatelor numite higrometre (higros=umed), aparate care se bazează pe principiul punctului de rouă enunţat mai sus.

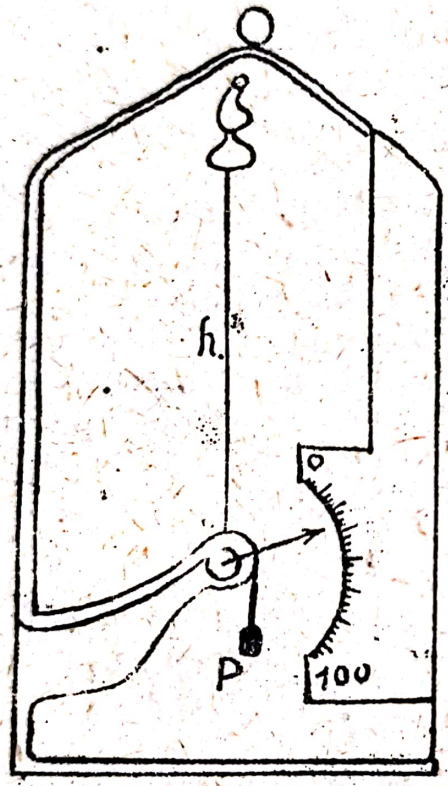


Pe lîngă higrometre, în practică se utilizează şi higroscoapele mai puţin sensibile dar mai simple, ce se bazează pe proprietatea firului de păr sau a hîrtiei de a absorbi apa din aer şi de a se alungi în acest caz, sau de a se scurta la aer uscat. In fig. de pe pag. următoare este arătat un astfel de higroscop al cărui fir de păr (h) fixat la partea superioară a aparatului, este trecut peste o rotiţă mică şi întins de greutatea (p). Rotiţa este legată cu un ac care se mişcă în faţa unei scări gradate. Alungindu-se, părul mişcă rotiţa care la rîndul ei, deplasează acul. Cînd aerul este uscat, acul se opreşte în dreptul gradaţiei zero (în partea superioară a scării). După poziţia acului se poate determina imediat procentul de umiditate a aerului.

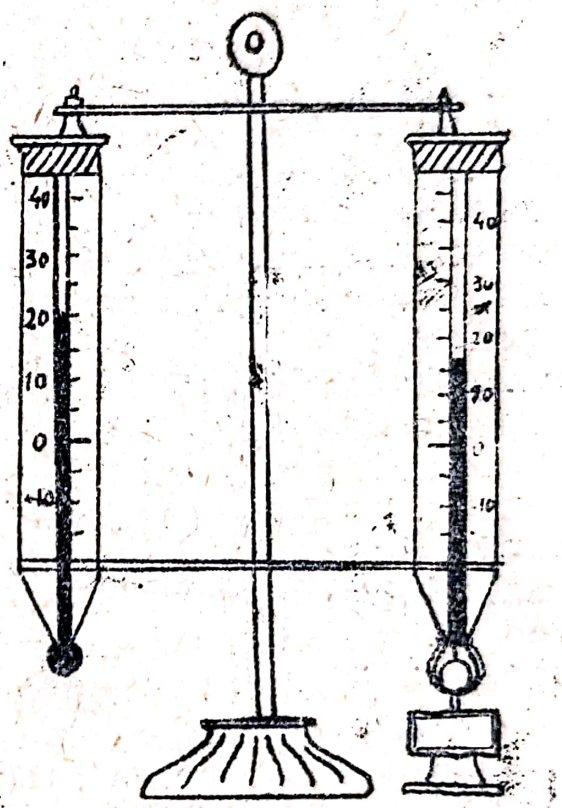
Scanned with OKEN Scanner

Pentru determinarea gradului de umiditate se folosesc şi aparatele numite psihrometre.

Un psihrometru este alcătuit din două termometre, dintre care unul uscat iar celălalt umed. Această umezeală se obţine înfăşurînd rezervorul unuia din termometre cu o bucată de tifon, al cărui capăt se află într-un vas cu apă. Deoarece temperatura apei scade în cursul evaporării ei, termometrul umed arată o temperatură mai mică decît cel uscat (afară de cazul cînd aerul înconjurător este saturat cu vapori cînd cele două termometre arată aceeaşi temperatură). Cu cît aerul înconjurător



higroscopul.



psihrometrul

este mai uscat, cu atît apa de pe rezervorul termometrului se evaporă mai repede şi cu atît mai puternic se răceşte acesta. Deaceea cu cît aerul este mai uscat, cu atît este mai mare diferenţa dintre indicaţiile celor două termometre. Între diferenţa temperaturilor arătate de cele două termometre şi umiditatea aerului există o anumită legătură; pentru acest motiv se notează indicaţiile şi cu ajutorul tabelelor de mai jos se determină cu uşurinţă în procente, umiditatea relativă.

Menţionăm că determinarea umidităţii are o mare însemnătatea în meteorologie pentru prevenirea timpului probabil şi a eventualelor precipitaţii atmosferice

Temperatura termometrului umed.	Diferența dintre temperaturile termometrului uscat și umed. 1° 2° 3° 4° 5° 6° 7° 8° 9° umiditatea relativă în procente.								
0°	81	64	50	36	25	15	6	-	-
1°	82	66	52	39	28	18	10	2	-
2°	83	67	54	42	31	22	13	6	-
3°	83	69	56	44	34	25	16	9	3
4°	84	70	57	46	36	28	19	13	6
5°	85	71	59	48	39	30	22	16	10
6°	85	72	61	50	41	33	25	18	13
7°	86	73	62	52	43	35	28	21	15
8°	86	74	63	54	45	37	30	24	18
9°	86	75	65	55	47	39	32	26	20
10°	87	76	66	57	48	41	34	28	23
11°	88	77	67	58	50	43	36	30	25
12°	88	78	68	59	52	44	38	32	27
13°	89	79	69	61	53	46	40	34	29
14°	89	79	70	62	54	47	41	36	31
15°	89	80	71	63	55	49	43	37	33

Să presupunem de exemplu că termometrul umed arată o temperatură de 10° iar cel uscat de 16°. Diferența indicațiilor este deci de 6°. In tabel găsim cifra 10° (temperatura termometrului umed) și urmărim apoi coloana orizontală din dreptul acestei cifre spre dreapta pînă la întretăierea cu coloana verticală deasupra căreia este indicat 6° (diferența dintre indicațiile celor două termometre). La întretăiere găsim numărul 41. Umiditatea relativă a aerului în acest caz este de 41%.

Mai sus s-a arătat dependința vaporilor de apă din aer de temperatura acestuia. Cu cît temperatura aerului este mai mare, cu atît cantitatea de vapori de apă ce se găsește în aer este și ea mai mare. In mod corespunzător crește și umiditatea absolută a aerului dela poli la ecuator iar cea relativă invers.

Lîngă marele bazinuri de apă, datorită procesului de evaporare ce se petrece continuu, umiditatea aerului este mai mare; pe măsura îndepărtării de mare, această umiditate scade. De ex. deasupra mărilor atinge 75,8% iar deasupra Saharei 4-5%. Tot așa se explică oscilațiile zilnice ale umidității relative: cea mai mare umiditate relativă se observă în orele cele mai reci din timpul zilei, iar cea mai mică umiditate, la orele cele mai calde.

Scanned with OKEN Scanner

Maximum umidităţii relative este de regulă iarna, iar minimum vara.

Pe măsura ridicării deasupra pămîntului, umiditatea absolută scade fapt care se explică prin aceea că ne îndepărtăm de suprafaţa pămîntului unde are loc evaporarea apei şi de asemeni prin temperatura mai joasă a straturilor superioare ale aerului, a căror capacitate de reţinere a vaporilor de apă este scăzută.

Ca rezultat al condensării vaporilor de apă, se formează diverse precipitaţii atmosferice :

- Ploaia este căderea apei sub formă de picături.

- Zăpada provine din solidificarea picăturilor de apă din nori şi se compune din cristali foarte frumoşi, cu atît mai mari şi mai regulaţi, cu cît ninge mai liniştit.

- Măzărichea se produce în regiunile în care cînd se formează zăpada nu este aşa de rece încît să îngheţe toată apa, vîntul lipeşte fulgii de zăpadă unii de alţii ca nişte boabe de mazăre.

- Grindina este formată din bulgări de ghiaţă ce sînt formaţi din picăturile de apă ce se adună şi solidifică.

- Roua : în nopţile senine de vară, răcirea suprafeţei pămîntului prin radiere provoacă condensarea vaporilor din aer ce se depun sub formă lichidă (după principiul lui Watt).

- Bruma este roua îngheţată. Fenomenul se produce în nopţile senine de toamnă şi primăvară.

- Poleiul : cînd ploaia cade pe pămîntul rece, înghiaţă sub forma unei pojghiţe subţiri şi lunecoase.

- Norii au o proveniénţă legată de condensarea vaporilor de apă provocată de răcirea maselor de aer. Norii au o influenţă reală asupra microclimatului local. Norii masivi împiedică pătrunderea radiaţiilor solare la suprafaţa pămîntului (un cer înourat reflectă 73% din întreaga energie solară). Cu toate acestea, norii împiedică iradierea căldurii dela suprafaţa pămîntului şi prin aceasta feresc pămîntul de o răcire prea mare.

- Ceaţa este alcătuită de norii ce plutesc la suprafaţa pămîntului.

Scanned with OKEN Scanner

Consideraţiuni biologice.

Umiditatea joacă un rol important în evaporarea cutanată şi pulmonară, deci intervine în termoreglare. Dacă umiditatea relativă este de circa 30%, aerul este considerat uscat, iar la 90-95% este umed. Efectele obiective şi subiective ale umidităţii depind şi de alţi factori : temperatura aerului şi mişcarea lui.

Organismul omului pierde incontinuu căldură în mediul înconjurător şi cantitatea acestei pierderi depinde de proprietăţile fizice ale aerului. Complexul tuturor factorilor meteorologici influenţează asupra stării generale a omului creind diferite condiţii pentru îndeplinirea activităţii musculare şi intelectuale. Este greu de stabilit mărimea absolută a pierderilor de căldură ale omului, deaceea mult timp s-a încercat să se facă astfel de instrumente care să dea posibilitatea de a aprecia factorii meteorologici izolaţi şi influenţa lor totală asupra organismului. Un astfel de instrument destinat să stabilească capacitatea de răcire a aerului este catatermometrul care poate măsura umiditatea, temperatura aerului şi mişcarea lui.

Umiditatea are mare importanţă, în afară de temperatură, la schimbul de căldură dintre organism şi mediul ambiant. De ex. rămînerea într-o atmosferă cu temperatura înaltă este posibilă dacă este asigurată pierderea căldurii prin evaporare ceea ce se poate realiza dacă umiditatea aerului este scăzută. Intr-un aer saturat cu vapori de apă nu se poate produce o pierdere a căldurii prin evaporare. Sudoarea care se secretă prin aceste condiţiuni se scurge pe piele sub formă de picături (sudaţie profuză) şi nu are efect răcoritor. In aceste cazuri temperatura corporală se ridică la 40-41°C. Dacă starea persistă, mai ales asociată cu un efort muscular intens, se poate produce un şoc termic (supraîncălzirea organismului).

Umiditatea mare a aerului are o influenţă nefavorabilă şi cînd este însoţită de o temperatură scăzută. Conducerea căldurii de către apă este mult mai mare decît cea a aerului uscat; deaceea aerul umed în timpul unei temperaturi joase absoarbe mai multă căldură de la suprafaţa corpului decît aerul uscat, la aceiaşi temperatură. Aşa se explică faptul că omul are senzaţii de frig într-o încăpere de lo-

cuit la o temperatură normală (15-16°C), încăpere în care însă este o umiditate mare. Din asocierea temperaturilor joase cu umiditatea rezultă pericolul suprarăcirii organismului.

Dacă umiditatea mare a aerului măreşte acţiunea nefavorabilă asupra omului atît a temperaturilor mari cît şi a celor scăzute, de asemeni şi un aer uscat cu o umiditate relativă sub 30% din p.d.v.igienic este puţin favorabil pentru că provoacă o uscare a mucoaselor căilor respiratorii superioare, ceea ce dă o senzaţie de uscăciune în gît şi gură, îngreuează vorbirea, înghiţirea şi respiraţia.

Mişcarea aerului are o influenţă esenţială asupra schimburilor calorice. Neinfluenţînd iradiaţia, vîntul poate schimba cantitatea de căldură pierdută prin conductibilitate şi evaporare. Cu cît vîntul este mai puternic cu atît se produce mai repede schimbul straturilor de aer ce vin în contact direct cu pielea şi astfel se uşurează mai mult pierderea de căldură prin convecţie şi conductibilitate. Mişcarea aerului influenţează (intensifică) şi evaporarea sudorii de pe suprafaţa pielei, căci în cazul temperaturilor scăzute ale aerului vîntul măreşte pericolul de suprarăcire, iar în timpul temperaturilor ridicate apără de supraîncălzire. Totuşi în cazul în care temperatura aerului întrece pe cea a pielei, vîntul poate să mărească puterea de încălzire a aerului.

După datele existente, pentru omul în repaus limita superioară de reglare a căldurii se află între 30-31°C la 85% umiditate relativă şi la 40°C la 30% umiditate relativă. In timpul activităţii musculare intense, limita superioară de termoreglare scade considerabil.

In general, omul se simte bine la o temperatură de 18-22°C cu un aer liniştit şi cu o umiditate de 30-60%. Dacă temperatura creşte, trebuie să scadă umiditatea pentru a avea aceeaşi senzaţie de bine. In caz contrar apar setea intensă, uscarea gurii, crăparea mucoaselor, temperatura corpului se ridică, pulsul şi respiraţia se accelerează, transpiraţii abundente şi extenuante, dureri de cap, greaţă, lipotimie, convulsii, toate aceste simptome alcătuind şocul termic.

Termoliza este în funcţie de temperatură, umiditate şi viteza de mişcare a aerului. Hill consi-

Scanned with OKEN Scanner

dera catatermometrul analog pielei corpului luînd ca exemplu pierderea de căldură de pe unitatea de suprafaţă a catatermometrului pe care o consideră de 4 ori mai mare decît pierderile de căldură ale omului în stare de repaus. Au fost propuse de el norme de capacitate de răcire pentru indivizi de diferite profesii, norme a căror realizare asigură starea normală a indivizilor. Iată un tabel cu astfel de norme cu capacităţile de răcire a aerului după indicii catatermometrului uscat :

Profesia	pierderile de căldură în milikal/cm² şi pe sec.	mărimea optimă în mill. cal/cm²
croitor	1,36	5,44
legător de cărţi	1,72	6,88
tîmplar	2,1-2,5	8,4-10,0
metalurgist	2,51	9,24
pietrar	3,86	15,44
tăietor de lemne	4,62	18,48

Observaţiile făcute ulterior au arătat că raportul de 1/4 nu corespunde întotdeauna şi că întreaga teorie a lui Hill are o serie de inexactităţi principiale. Catatermometrul lui Hill ne dă posibilitatea să ne facem o idee mai mult sau mai puţin justă asupra posibilităţilor de răcire a aerului şi deaceea poate servi ca un instrument comod pentru caracterele fizice ale factorilor meteorologici. Totuşi nu putem considera catatermometrul analog corpului uman pentru că în acest caz nu ţinem seama de pierderea şi diferenţele dintre instrumentul fizic şi complicitatea factorilor de reglare termică a organismului. De ex. catatermometrul uscat nu ţine seama de pierderea de căldură prin evaporare, iar cel umed în general nu poate fi comparat cu pielea umană care practic niciodată nu este acoperită cu un strat continuu de umezeală. Deaceea indicii catatermometrului nu pot fi calculaţi în mod mecanic la om; ei au numai un caracter relativ şi o importanţă limitată. In 1939 a fost construit în U.R.S.S. unul mai nou, mult mai perfecţionat, dar chiar şi acesta nu poate să dea indicaţii pentru aprecierea senzaţiei de căldură şi a stării omului.

Catatermometrul are întrebuinţări largi pentru stabilirea mişcărilor mici de aer în încăperile închise.

Temperatura efectivă şi zona de confort. In baza faptului că senzaţia de căldură a omului de-

pinde de raportul dintre diferitele valori ale temperaturii, umidităţii şi vitezei de mişcare a aerului, a apărut ştiinţa despre temperaturile efective. Se pot crea astfel multe combinaţii cu acest factor meteorologici, combinaţii care să dea omului aceeaşi senzaţie de căldură, aşa cum se poate vedea în tabloul alăturat :

temp.aerului	umid.relativă	mişcarea aerului
17,2°C	100%	0,0 m/sec.
19,0 "	90%	0,5 "
17,5 "	90%	0,0 "
20,0 "	60%	0,5 "
20,5 "	30%	0,25 "
21,0 "	20%	0,25 "
25,0 "	20%	3,5 "
22,0 "	80%	2,0 "

Este clar că senzaţia de căldură este alta dacă vom schimba măcar unul din factorii meteorologici. Se numeşte astfel temperatură efectivă(T.E.) acea combinaţie de factori care produce acelaşi efect -senzaţie de căldură- ca şi aerul la o anumită temperatură, la 100% umiditate şi fără mişcare de aer. T.E. se poate exprima în grade, dar aceste grade vor avea o importanţă exclusiv condiţionată, caracterizînd efectul de senzaţie de căldură al unei anumite combinaţii meteorologice. S-au stabilit astfel de combinaţii de factori meteorologici în timpul cărora majoritatea oamenilor se simt bine. Această zonă de temperaturi efective a fost denumită "zona de confort". Astfel, pentru persoanele în repaos, zona este cuprinsă între 17,2 şi 21,7; pentru persoanele ce îndeplinesc o muncă medie, temperatura zonei de confort scade cu 1°, iar la munci grele cu 2,5°. Pentru încăperile închise în care există o mică viteză de mişcare a aerului, cu îmbrăcămintea obişnuită şi muncă uşoară, vara zona de confort este între 17,7° şi 26°, iar iarna între 15,5° şi 23,2°.

Pentru stabilirea T.E. s-au propus tabele speciale şi nomograme ce au însă numai o importanţă de orientare căci această zonă trebuie să se stabilească ţinînd seama de specificul climatic, de obiceiurile populaţiei, de caracterul muncii, etc. Lipsa principală a acestor norme de T.E. constă în faptul că s-au calculat plecînd dela umiditatea relativă de 100%, adică în condiţii complect nefiziologice,

în timp ce starea de confort nu poate fi în afara limitei de 40-60% umiditate relativă. Normele de temperatură nu ţin seama de iradierea de căldură ce are o importanţă igienică reală. In fine, normele de T.E. sînt făcute pentru persoane care se găsesc în stare de repaus şi deaceea nu pot fi transmise în mod mecanic în condiţiile industriale şi sportive.

Scanned with OKEN Scanner

OPTICA

Scanned with OKEN Scanner

Optica este partea din fizică care se ocupă cu studiul fenomenelor observate cu ochiul. Dar după cum, acustica s-a îmbogăţit prin descoperirea ultra şi infra sunetelor care nu pot fi percepute de urechea umană, tot aşa s-a îmbogăţit şi optica, astfel că şi-a întins domeniul dincolo de lumina vizibilă. Lumina care impresionează ochiul (retina) nu este altceva decît o mică parte din energia radiantă, aşa că optica ar trebui să intre în marea gamă a radiaţiilor electromagnetice; însă din cauza importanţei ei, încă se mai studiază separat, deşi acest lucru nu este corect.

Lumina este o formă de energie emisă de un corp în stare de incandescenţă şi care se propagă în toate direcţiile sub formă de raze luminoase cu o viteză de cca. 300.000 km/sec.

Isteric.

Încă din cele mai vechi timpuri oamenii s-au întrebat ce este lumina ca un lucru ce le cădea nemijlocit sub simţuri.

Primele două teorii mai serioase apar aproape simultan şi de aşa manieră că nu se poate spune care e prima şi care a doua. Totuşi se pare că prima este teoria ondulatorie apărută în mijlocul secolului al XVII-lea cu Malebranche, dar care teorie este astfel susţinută de olandezul Christian Huygens, încît acesta este socotit pe drept cuvînt părintele acestei teorii. Huygens (1678) emite teoria impulsurilor sau teoria ondulatorie, prin care arată că excitaţiile luminoase trebuiesc considerate ca impulsuri elastice şi continui ce se propagă într-un mediu elastic numit eterul prevăzut cu patru proprietăţi: fără greutate, nevăzut, elastic şi fix.

Isaac Newton formulează o altă teorie, cea a emisiunii (1704). Conform teoriei lui, lumina este o emisiune discontinuă de particole materiale foarte mici, ce care un obiect luminos le proiectează în linie dreaptă cu o viteză foarte mare.

Trebuie de remarcat faptul că pe timpul acestor doi învăţaţi teoria ondulatorie n-a fost decît schematic schiţată, căci cel mai important element al ideilor ondulatorii -periodicitatea fenomenelor luminoase- a fost cunoscut de Newton mult mai bine în timp ce de astfel de fenomene Huygens nici nu pomeşte. Abia aproape 100 de ani mai tîrziu Thomas Young (1799) şi Augustin Fresnel (1815) probează

prin fenomenul difracţici,natura ondulatorie a luminii. Tot ei arată că undele luminoase sînt transversale,adică direcţia de oscilaţie este perpendiculară pe cea de propagare.

Intre timp M.Faraday reuşeşte să demonstreze că fenomenele optice nu reprezintă o clasă izolată de procese ci că există o strînsă legătură între fenomenele optice şi cele magnetice : în 1846 descoperă efectul de rotire al planului de polarizaţie în cîmpuri magnetice. Pe de altă parte s-a mai observat că raportul dintre unitatea electromagnetică şi cea electrostatică a intensităţii luminoase este de 3.10^{10} cm/sec.,adică este egală cu viteza luminii în vid.

Bazat pe aceste fenomene James Clarck Maxwell concepe cea de a treia teorie şi anume teoria electromagnetică (1847). El nu concepe eterul ca un mediu elastic în care vibrează particolele,ci,ca unul dielectric în care se pot produce şi propaga cele două forţe : electrică şi magnetică cu cîmpurile respective şi perpendiculare unul pe altul. Intre oscilaţiile electrice şi luminoase diferenţa constă numai în lungimea lor de undă,ele fiind de aceeaşi natură.

Totuşi teoria corpusculară n-a putut să dispară definitiv,căci atunci cînd s-au studiat legăturile care există între radiaţii şi materie,ipoteza unor corpusculi care să vehiculeze energia luminoasă a trebuit adoptată. Aşa se explică cea de a patra teorie,teoria cuantică a lui Max Planck(1900)ce arată că energia radiantă nu se poate absorbi şi emite continuu în cantităţi oricît de mici,ci discontinuu sub formă de cantităţi de energie pe care el le numeşte cuante. Astfel în cazul energiei luminoase putem vorbi de grăunţe de lumină,numite fotoni. Energia radiantă apare astfel împărţită în fragmente (grăunţe),ce ar fi atomi de energie analogi atomilor materiali. Cuantele nu sînt însă uniforme pentru orice radiaţie,ci variază cantitativ direct proporţional cu frecvenţa radiaţiei respective. De ex. o radiaţie cu frecvenţa dublă decît altele,va avea cuantele de două ori mai mari. Fotonii ca şi electronii au o masă şi deci o greutate,avînd chiar un volum,prin volum înţelegîndu-se zona în care se face simţită influenţa lor. Această zonă de influenţă a unui foton este cu atît mai mică ,cu cît radiaţia are o frecvenţă mai mare. De ex.fotonul luminei

galbenę are un volum de cca.jumătate micron;fotonul razelor roentgen are un volum de 1/1000000 mm,deci este aproape la fel de mare ca atomul Cu ajutorul fotonilor se explică foarte bine fenomenele de absorbţie şi emisie a radiaţiilor precum şi fenomenul fotoelectric.De ex.în cazul absorbţiei şi emisiei radiaţiilor roentgen,să presupunem că un foton cu energie mare întîlneşte un atom. In urma ciocnirii,fotonul va fi absorbit de atom,în schimb energia lui este capabilă să facă să sară un electron de pe o orbită mai centrală,pe una mai periferică,sau chiar să-l smulgă cu totul din atom (fenomenul fotoelectric). Atomul rămînînd excitat caută să revină la starea lui normală. Din această cauză se petrece o rearanjare a electronilor,diferenţa de energie rezultată fiind pusă în libertate tot sub forma unui foton cu o energie mai mică,producîndu-se astfel o radiaţie. Se poate întîmpla ca şi atomul ionizat să capteze un electron liber,în care caz,diferenţa de energie a acestui electron va fi eliberată tot sub forma unei radiaţii,deci a unui nou foton. Complectări la teoria cuantică a adus şi Albert Einstein prin teoria relativităţii (1905).

Dacă analizăm teoriile de mai sus,se observă că unele fenomene ca interferenţa şi difracţia ne obligă să considerăm lumina ca un fenomen ondulator,în timp ce alte fenomene,ca fenomenul fotoelectric, nu se pot explica decît considerînd lumina că formată din fotoni,adică ca alcătuită din particole materiale.

Astfel se ajunge la teoria mecanicii ondulatorii a lui Louis de Broglie (1924) şi Erwin Schrödinger (1926). Aceşti autori ajung la concluzia cu totul surprinzătoare a undelor materiale şi anume, au intuiţia genială că fiecare corpuscul material în mişcare este însoţit de un fenomen ondulatoriu. De ex.un electron în mişcare constituie o rază corpusculară,iar mai mulţi electroni alcătuiesc un fascicol de raze corpusculare. Dacă viteza de mişcare a electronului este egală cu (v) şi masa lui cu (m),razei corpusculare îi putem asocia o undă a cărei lungime este dată de relaţia :

$$\lambda = \frac{h}{m.v}$$

formulă în care (h) reprezintă constanta lui M. Planck.

Cum materia este compusă din electroni şi protoni, teoria lui Broglie se poate rezuma astfel: materia apare ca desfăcută în unde a căror centre de energie sînt electronii şi protonii.

De Broglie s-a sprijinit în teoria sa pe lucrarea marelui matematician englez Hamilton apărută în prima jumătate al sec.al XIX-lea în care a dovedit pe cale matematică că legea mişcării corpurilor şi legea opticei geometrice; adică legea propagării luminii, sînt identice din p.d.v.matematic. Mergînd pe această linie, de Broglie a enunţat ipoteza că în natură, atît procesele mecanice cît şi cele optice se petrec concomitent, că materia are, în acelaşi timp două aspecte, două forme de apariţie : forma de unde şi forma corpusculară. Astfel mişcarea electronilor este nu numai o simplă mişcare a particulelor limitate în spaţiu, ci că posedă şi însuşiri ondulatorii. Ipoteza a fost confirmată experimental între anii 1927-28, cînd s-au observat că electronul trecînd pe lîngă anumite corpuri produce fenomenul de difracţie şi interferenţă întocmai ca şi lumina. Fizicienii sovietici Biberman, Suşkin şi Fabricantov au dovedit experimental (1949) existenţa proprietăţilor ondulatorii şi totodată corpusculare ale unui electron izolat, prin aşa zisa difracţie a electronilor în cristale.

De aici rezultă că aceste două domenii care au fost separate timp de secole, sînt asemănătoare; că lumina şi particulele de substanţă obişnuită au aceleaşi însuşiri fundamentale, adică atît corpusculare cît şi ondulatorii; că deci caracterul continuu(ondulator)şi cel discontinuu (corpuscular) al materiei care sînt însuşiri cu totul contrarii, constituie totuşi o unitate dialectică, care coexistă în acelaşi timp. Această mare descoperire a fizicii a confirmat justeţea principiilor de bază ale materialismului dialectic, despre unitatea contrariilor, despre unitatea materială a lumii.

Deoarece cuantele de lumină sînt strîns legate de electroni (particule materiale) şi lumina însăşi este o formă a materiei; deci "lumina şi electricitatea nu sînt decît manifestări ale uneia şi aceleaşi forţe a naturii"

Dezvoltarea ulterioară a teoriei cuantelor (Werner Heiselberg, Paul Marie Dirac, etc.)a perfecţionat-treptat ideile noastre permiţînd o înţelege-

Cum materia este compusă din electroni şi protoni, teoria lui Broglie se poate rezuma astfel: materia apare ca desfăcută în unde a căror centre de energie sînt electronii şi protonii.

De Broglie s-a sprijinit în teoria sa pe lucrarea marelui matematician englez Hamilton apărută în prima jumătate al sec.al XIX-lea în care a dovedit pe cale matematică că legea mişcării corpurilor şi legea opticei geometrice; adică legea propagării luminii, sînt identice din p.d.v.matematic. Mergînd pe această linie, de Broglie a enunţat ipoteza că în natură, atît procesele mecanice cît şi cele optice se petrec concomitent, că materia are, în acelaşi timp două aspecte, două forme de apariţie : forma de unde şi forma corpusculară. Astfel mişcarea electronilor este nu numai o simplă mişcare a particulelor limitate în spaţiu, ci că posedă şi însuşiri ondulatorii. Ipoteza a fost confirmată experimental între anii 1927-28, cînd s-au observat că electronul trecînd pe lîngă anumite corpuri produce fenomenul de difracţie şi interferenţă întocmai ca şi lumina. Fizicienii sovietici Biberman, Suşkin şi Fabricantov au dovedit experimental (1949) existenţa proprietăţilor ondulatorii şi totodată corpusculare ale unui electron izolat, prin aşa zisa difracţie a electronilor în cristale.

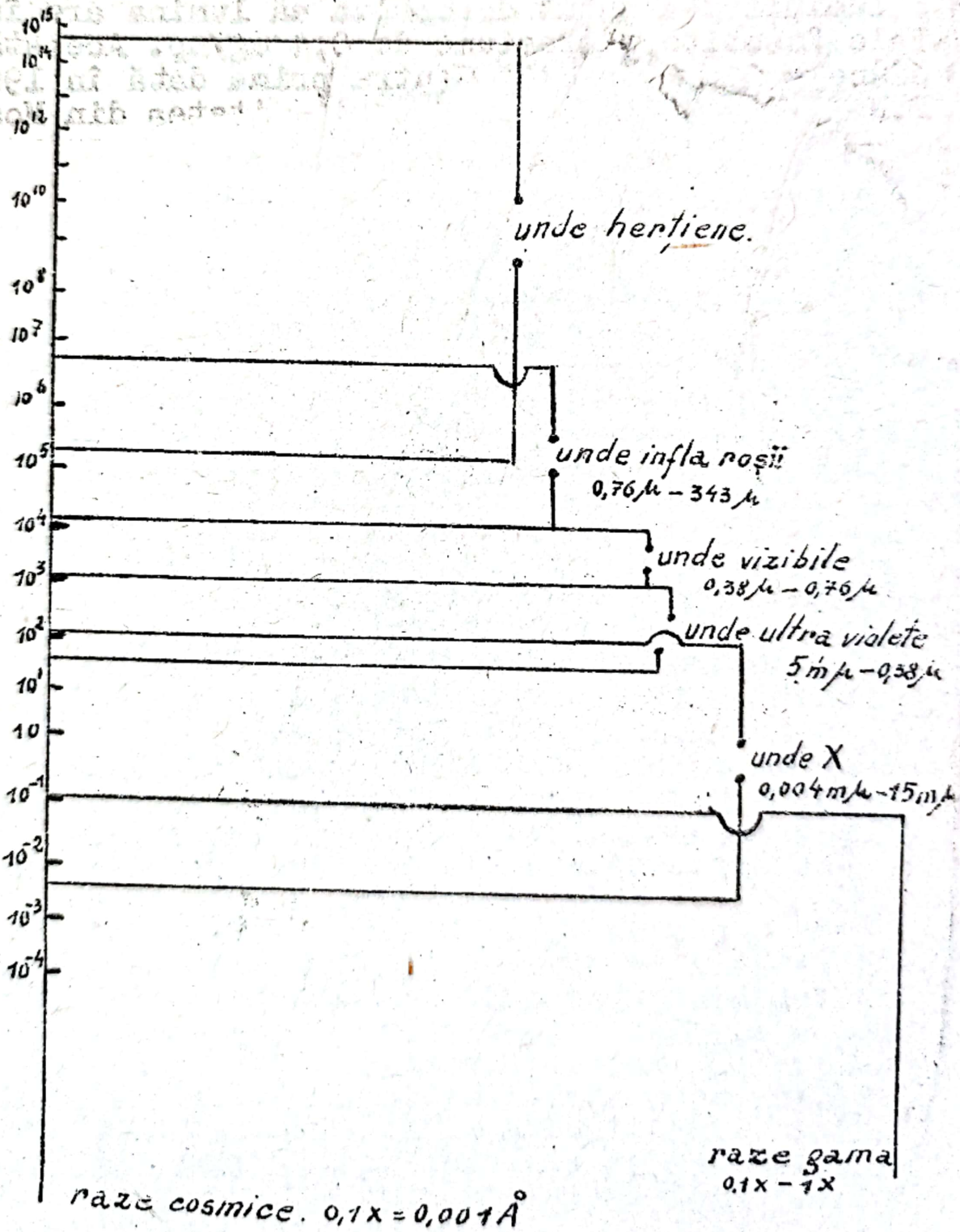
De aici rezultă că aceste două domenii care au fost separate timp de secole, sînt asemănătoare; că lumina şi particulele de substanţă obişnuită au aceleaşi însuşiri fundamentale, adică atît corpusculare cît şi ondulatorii; că deci caracterul continuu(ondulator)şi cel discontinuu (corpuscular) al materie care sînt însuşiri cu totul contrării, constituie totuşi o unitate dialectică, care coexistă în acelaşi timp. Această mare descoperire a fizicii a confirmat justeţea principiilor de bază ale materialismului dialectic, despre unitatea contrariilor, despre unitatea materială a lumii.

Deoarece cuantele de lumină sînt strîns legate de electroni (particule materiale) şi lumina însăşi este o formă a materiei; deci "lumina şi electricitatea nu sînt decît manifestări ale uneia şi aceleiaşi forţe a naturii"

Dezvoltarea ulterioară a teoriei cuantelor (Werner Heiselberg, Paul Marie Dirac, etc.)a perfecţionat-treptat ideile noastre permiţînd o înţelege-

re din ce în ce mai deplină a fenomenelor optice, perfecţionare care continuă şi astăzi.

Cum lumina este alcătuită din unde, o putem intercala perfect în marea gamă a undelor (radiaţiilor e.m.). Redăm mai jos un tablou din care se vede că această gamă se întinde în mod continuu de la unde infinit de lungi pînă la unde a căror lungime este foarte mică (mimi de amstrong).



Proprietăţi generale.

Viteza luminii.

Ca orice radiaţie electromagnetică şi lumina are o viteză de propagare extrem de mare :300.000 km/sec.(în vid). In studiul nostru nu intrăm în descrierea metodelor care au condus la măsurarea acestei viteze.

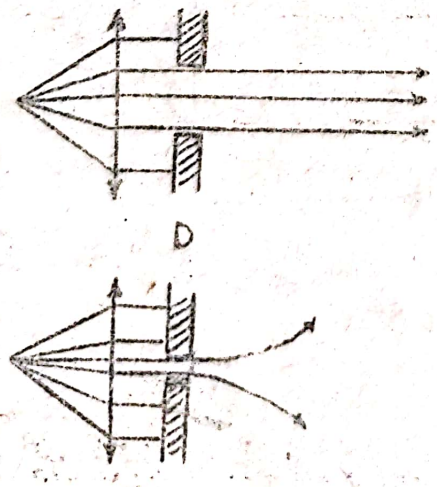
Presiunea luminii.

Deşi nu o simţim, lumina are o presiune ce se poate măsura. Din cauza marei viteze de propagare a luminii s-a putut determina că lumina are în zilele însorite o presiune de 0,4 mg/mp. Această presiune a fost măsurată pentru prima dată în 1901 de P.N.Lebedesv, profesor la Universitatea din Moscova.

Propagarea luminii.

Cîmpul energiei radiante poate avea aspecte diferite după sursa care l-a produs.

In cazul unei surse punctiforme, adică dacă depărtarea faţă de sursă este mare, astfel ca aceasta să fie reprezentată aproximativ printr-un punct, energia se propagă radial şi omogen. Dacă se pune în calea unui astfel de cîmp un paravan opac în care s-a făcut o mică gaură, va trece de cealaltă parte un fascicul îngust şi paralel ce se propagă rectiliniu. Cercetările mai amănunţite au arătat că razele luminoase apar ca o aproximaţie a unor fenomene mult mai complicate ce sînt legate de natura ondulatorie a luminii. Optica geometrică are ca noţiune de bază, raza de lumină. Pentru a obţine practic o rază, folosim o diafragmă reglabilă (D) care să dea fascicule de lumină paralelă din ce în ce mai îngustă. Experienţa arată că dacă deschiderea diafragmei devine foarte mică, fasciculul luminos nu se mai îngusteaza pentru a deveni o dreaptă geometrică, ci se lărgeşte cu atît mai mult cu cît se micşorează deschiderea diafragmului căci intervine fenomenul de difracţie. Deci raza de lumină nu are o existenţă reală ci este o noţiune abstractă, un mijloc de calcul. Există numai fascicule îngus-



te de lumina. Totuşi noi o să socotim că se propagă în linie dreaptă, deoarece astfel ne serveşte destul de bine în multe demonstraţii.

Lumina se propagă radial şi de pe suprafeţe sferice cu luminositatea egală în toate direcţiile (de ex. soarele şi becurile electrice cu globuri mate).

La o distanţă foarte mare de sursă, fasciculul interceptat va apare ca format din raze paralele, din cauză că la distanţe mari cîmpul este uniform ca intensitate spaţială; iar noi nu percepem din acest cîmp decît o porţiune foarte mică cuprinsă între raze foarte apropiate ce pot fi socotite ca paralele. Din această cauză razele soarelui cad practic paralele pe pămînt, iar pe o suprafaţă plană, fluxul este proporţional cu mărimea suprafeţei.

Un flux luminos poate fi separat în mai multe fascicule luminoase cu ajutorul unei diafragme. Efectul produs de unul din fascicule nu este influenţat de faptul că celelalte fascicule acţionează sau nu asupra receptorului. De ex. fenomenul acesta apare întotdeauna la ochi, care prin varierea pupilei pot să se acomodeze la diverse intensităţi de lumină limitînd fasciculul incident. Acest fapt departe de a prejudicia imaginea retiniană, o îmbunătăţeşte chiar.

Există o categorie de fenomene luminoase a căror studiu poate fi făcut şi a căror legi pot fi stabilite cu o destulă exactitate pentru necesităţile practice, fără să fim nevoiţi de a cunoaşte natura intimă a luminii. Această categorie de fenomene luminoase, de altfel cea mai importantă pentru medic şi fiziolog, o constitue ceea ce se cheamă optică geometrică. Cealaltă categorie numită optica fizică, cuprinde ansamblul de fenomene a căror teprie nu poate fi stabilită fără a cunoaşte natura luminii.

Optica geometrică este de fapt un caz particular al opticii ondulatorii în care se consideră că deschiderile diafragmelor sînt mari faţă de lungimea de undă a luminii folosite. Ea studiază fenomenele optice care se rezolvă cu ajutorul noţiunii de rază de lumină. Deaceea optica geometrică reprezintă numai o aproximaţie a realităţii şi tratează fenomene care duc la formarea de fascicule luminoase; adică tehnica luminatului şi formarea imaginilor

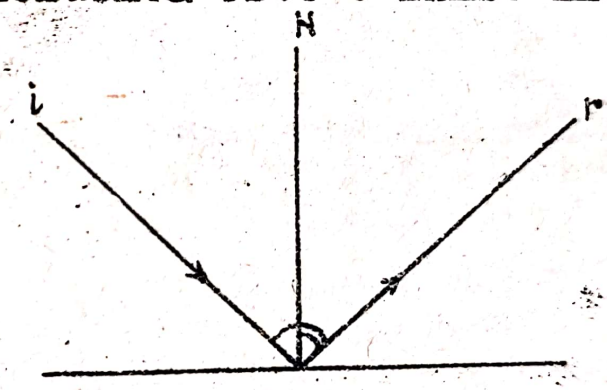
OPTICA GEOMETRICA.

Reflexia luminii.

Cînd o rază de lumină sau un fascicul întîlneşte o suprafaţă lucie-netedă-acea rază este abătută din drumul ei şi se întoarce din nou în acelaşi mediu. Numim reflexie, întoarcerea unei raze de lumină din drumul ei pentru ca să revie totuşi în acelaşi mediu din care a pornit, atunci cînd întîlneşte în cale o suprafaţă lucie (o oglindă).

Pentru a putea figura fenomenul reflexiei avem nevoie de următoarele :

- Raza incidentă adică raza care căzînd sub un anumit unghiu, întîlneşte suprafaţa lucie.
- Raza reflectată este raza care provine de la locul de incidenţă (este locul de unire dintre rază şi suprafaţa lucie)şi care îşi continuă drumul sub un anumit unghiu.
- Normala sau incidenta este o linie închipuită ce cade perpendicular pe suprafaţa lucie drept în locul punctului de incidenţă.



- Unghiul de incidenţă este unghiu format de normală şi de raza incidentă.
- Unghiul de reflexie este format de normală şi de raza reflectată.

Fenomenul reflexiei se supune unor anumite legi descoperite de Descartes :

- Raza incidentă, normala şi raza reflectată sînt întotdeauna în acelaşi plan.
- Unghiul de incidenţă este egal cu unghiul de reflexie.

Cauza reflexiei luminii, adică fenomenul intim, este datorit faptului că suprafaţa lucie nu absoarbe lumina şi astfel toată cantitatea se întoarce înapoi după un drum simetric cu cel pe care a venit, faţă de normală.

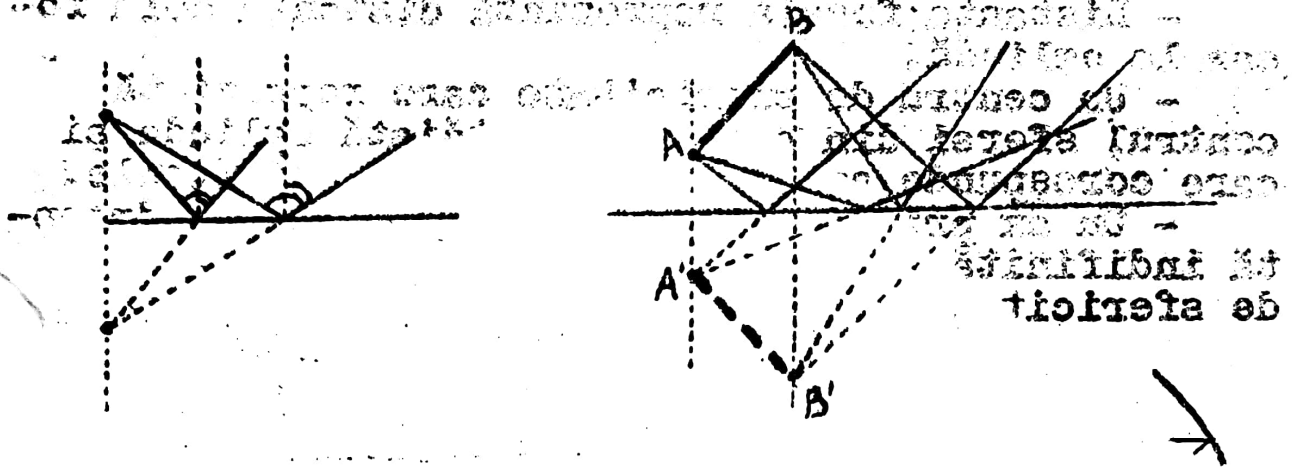
Aplicaţii.

Ca aplicaţie a fenomenului reflexiei avem cons-

-truirea oglinzilor. Oglinda este o suprafaţă lu-
-oie, nebransparentă.

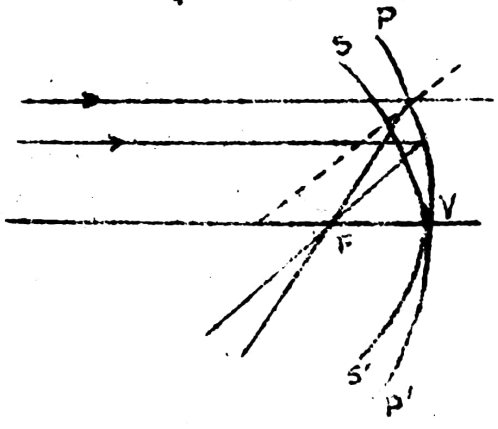
Ca formă ele pot fi plane, sferice (concave sau convexe), cilindrice şi parabolice.

Oglinzile plane sînt cele mai des întîlnite în viaţa de toate zilele. Ele ne dau întotdeauna numai imagini virtuale (adică imagini care nu se pot prinde pe un ecran - nu se pot materializa - ele provenind numai din prelungirea închipuită a razelor luminoase) şi la fel de mari ca şi obiectul. Astfel de imagini se formează întotdeauna în spatele oglinzii şi la aceeaşi distanţă ca aceea care separă corpul respectiv de oglindă.



Ele au aplicaţii destul de largi în medicină prin aceea că se găsesc dispuse la o serie întreagă de aparate la care se cere o iluminare destul de [illegible] termică şi imagini la fel de mari ca şi obiectul (de ex. oglinda stomatologului).

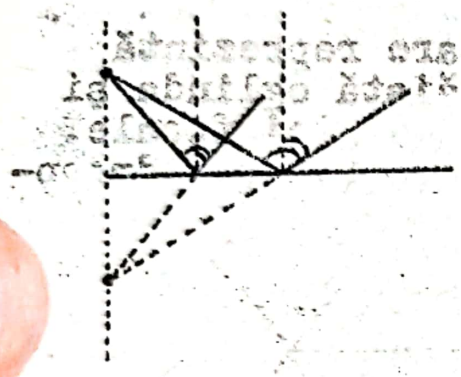
Oglinzile parabolice sînt o calotă din suprafaţa unui paraboloid de revoluţie în jurul axei C.V. Oglinda parabolică P P' este stigmată căci toate razele care vin paralele cu axul principal se reflectă într-un focar unic F. Această proprietate le face să fie mult folosite ca oglinzi proiectoare pentru faruri. Se observă din figură că pentru regiunea din jurul vîrfului V, suprafaţa paraboloidă coincide cu cea sferică S S', ceea ce explică de ce oglinzile sferice sînt stigmate pentru raze centrale (paraxiale).

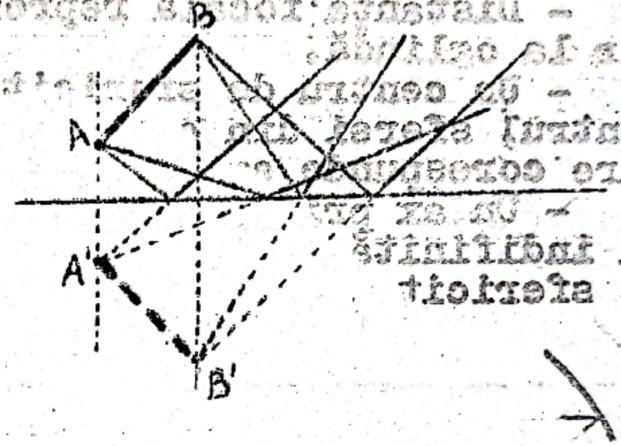


-truirea oglinzilor. Oglinda este o suprafaţă lu-
-cioasă, netransparentă.

Ca formă ele pot fi plane, sferice (concave sau convexe), cilindrice şi parabolice.

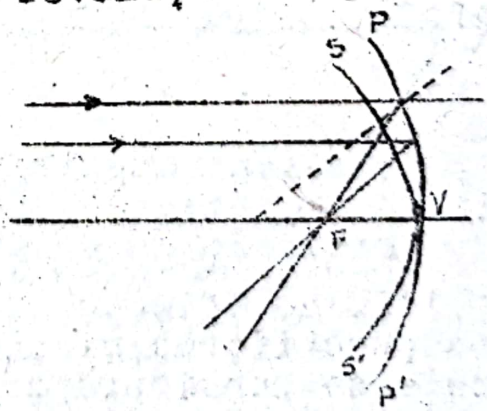
Oglinzile plane sînt cele mai des întîlnite în viaţa de toate zilele. Ele ne dau întotdeauna numai imagini virtuale (adică imagini care nu se pot prinde pe un ecran - nu se pot materializa - ele provenind numai din prelungirea închipuită a razelor luminoase) şi la fel de mari ca şi obiectul. Astfel de imagini se formează întotdeauna în spatele oglinzii şi la aceeaşi distanţă ca aceea care separă corpul respectiv de oglindă.





Ele au aplicaţii destul de largi în medicină prin aceea că se găsesc dispuse la o serie întreagă de aparate la care se cere o iluminare destul de puternică şi imagini la fel de mari ca şi obiectul (de ex. oglinda stomatologului)

Oglinzile parabolice sînt o calotă din suprafaţa unui paraboloid de revoluţie în jurul axei C.V. Oglinda parabolică P P' este stigmată căci toate razele care vin paralele cu axul principal se reflectă într-un focar unic F. Această proprietate le face să fie mult folosite ca oglinzi proiectoare pentru faruri. Se observă din figură că pentru regiunea din jurul vîrfului V, suprafaţa paraboloidă coincide cu cea sferică S S', ceea ce explică de ce oglinzile sferice sînt stigmate pentru raze centrale (paraxiale).



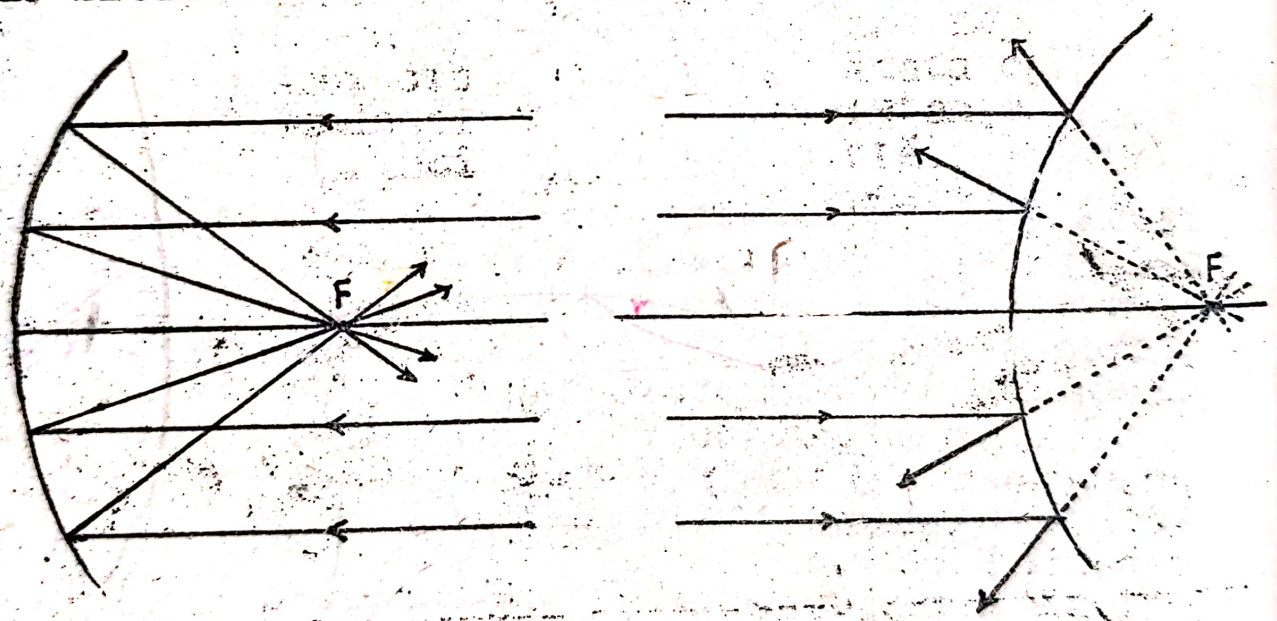
Oglinzile sferice au mai multe elemente importante de cunoscut pentru a afla formarea imaginilor. Aşa distingem:

- Un focar care adună toate razele de lumină reflectate de pe oglindă. El se poate găsi la o distanţă mai mare sau mai mică de oglindă, după cum aceasta a fost tăiată dintr-o sferă mai mare (mai puţin curbă) sau mai mică (mai curbă). Focarul este real (de aceiaşi parte cu suprafaţa de reflexie a oglinzii şi se poate materializa) pentru oglinzile concave şi ireal pentru oglinzile convexe (deci aşezat de cealaltă parte a oglinzii, cînd se formează din prelungirea închipuită a razelor de lumină).

- Distanţa focală reprezintă distanţa dela focar la oglindă.

- Un centru de sfericitate care reprezintă centrul sferei din care a fost tăiată oglinda şi care corespunde exact dublului distanţei focale.

- Un ax principal ce reprezintă o linie dreaptă indifinită şi închipuită ce trece prin centrul de sfericitate.



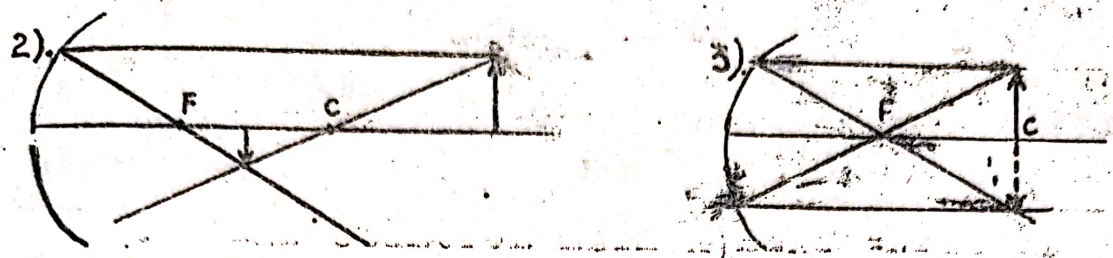
Cunoscînd aceste date putem construi imaginile în oglinzi.

Imaginile în oglinzile concave (convergente).

1) Cînd obiectul este la infinit, imaginea este punctiformă şi aşezată în focar căci toate razele se consideră că vin paralele cu axul principal şi după reflexie trec toate prin focar.

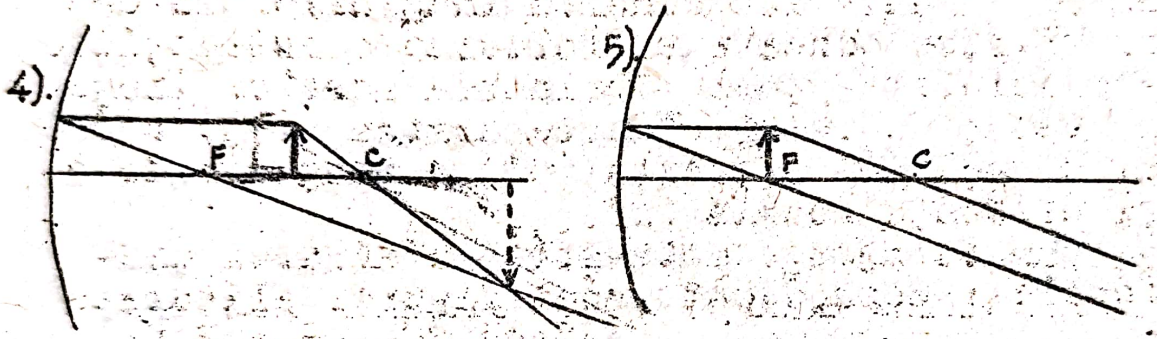
2) Cînd obiectul este dincolo de centru, se capătă o imagine reală, mai mică, răsturnată şi aşezată între centru şi focar.

3) Cînd obiectul este în centru, se capătă o imagine reală, de aceeaşi mărime, răsturnată şi aşezată tot în centru.

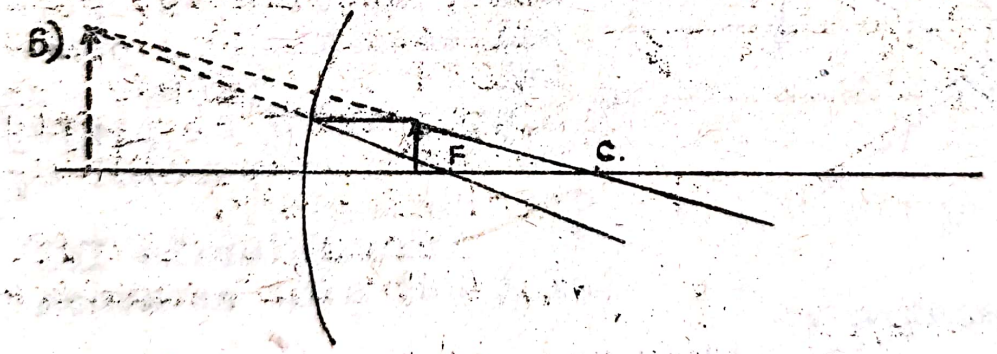


4) Cînd obiectul este aşezat între centru şi focar, se capătă o imagine reală, mărită, răsturnată şi aşezată dincolo de centru.

5) Cînd obiectul este aşezat în focar, imaginea este la infinit.



6) Cînd obiectul este aşezat între focar şi oglindă, se formează o imagine virtuală, mărită, dreaptă şi aşezată înapoia oglinzii.

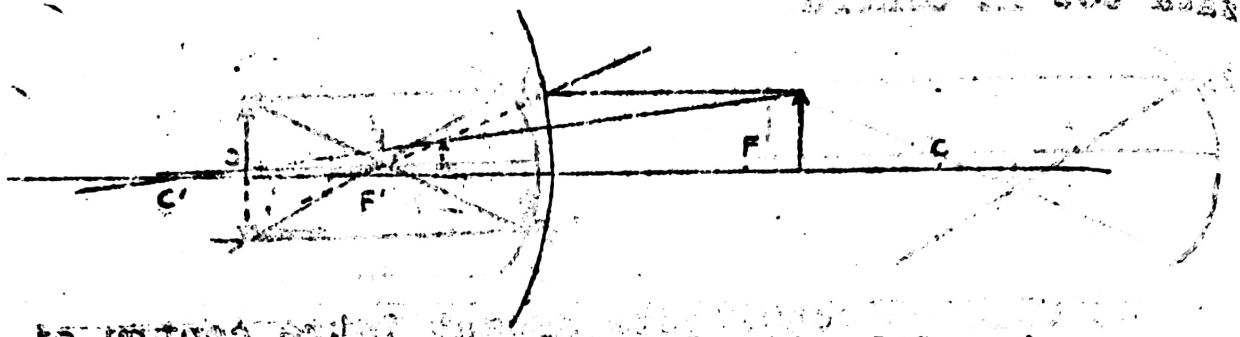


Indiferent de caz, se constată o permanentă reciprocitate de poziţii şi mărimi. Punctele în care imaginea poate înlocui obiectul se numesc puncte conjugate. Astfel focarul şi infinitul sînt puncte conjugate, centrul este conjugat cu el însuşi, etc.

Imaginile în oglinzile convexe (divergente).

In oglinzile convexe se formează întotdeauna imagini virtuale, drepte şi mai mici decît obiectul.

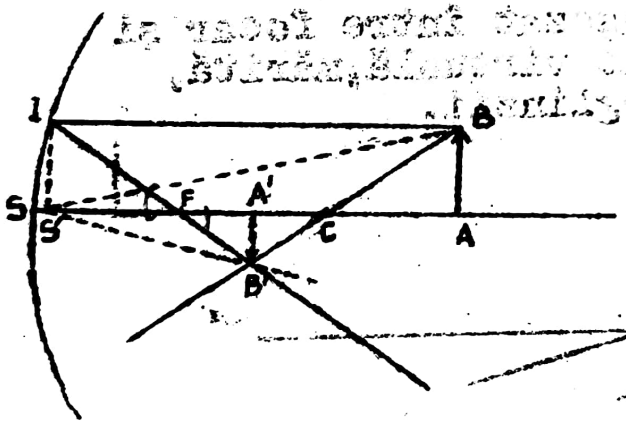
Ele sînt cu atît mai mici cu cît obiectul este mai departe de oglindă.



Aceste oglinzi nu sînt folosite deloc în practică.

Formula oglinzilor sferice concave (calcularea distanţei focale). Plecînd de la faptele stabilite experimental relativ la formarea imaginilor în oglinzilor sferice concave şi folosind construcţiile geometrice folosite pentru obţinerea acestor imagini, putem stabili o relaţie între distanţa (p) a obiectului de oglindă, distanţa (p') a imaginii de oglindă şi distanţa focală (f).

Iată cum se ajunge matematic la aflarea distanţei focale : considerăm cazul figurei alăturate



adică SC = R = 2 f; SF = f; SA' = p'; SA = p. Ducem perpendicular IS' = AB pe axa principală. Dacă deschiderea oglinzii este mică şi punctul I este aproape de S, punctul S' se poate confunda cu punctul S, deci SF = S'F.

Triunghiurile IFS' şi A'FB' sînt asemenea şi ne dau relaţia :

$$\frac{A'B'}{IS'} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{FA'}{FS'} = \frac{SA' - SF}{FS'} = \frac{p' - f}{f} \quad (1)$$

In triunghiurile asemenea BSA şi B'SA' avem relaţia :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{SA'}{SA} = \frac{p'}{p} \quad (2)$$

Egalînd valorile găsite pentru raportul A'B/AB în relaţiile (1 şi 2) avem :

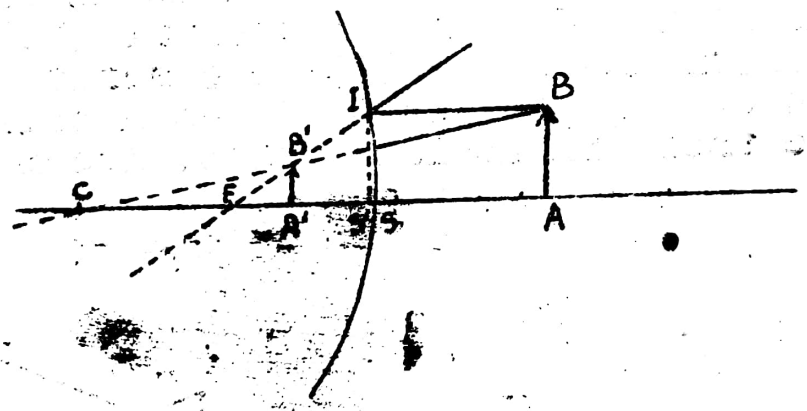
$$\frac{p' - f}{f} = \frac{p'}{p}$$

de unde făcînd împărţirile obţinem : $pp' - pf = p'f$ sau schimbînd, căpătăm : $pp' = pf + p'f$. Împărţind prin $pp'f$, găsim :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} \qquad (3)$$

Această relaţie, numită formula oglinzilor sferice concave ne permite să calculăm distanţa (p') a imaginii cînd cunoaştem distanţa obiectului (p) şi distanţa focală (f) a oglinzii.

Formula oglinzilor sferice convexe. Formula stabilită mai înainte este aplicabilă şi în cazul oglinzilor sferice convexe, cu condiţia să socotim pozitive lungimile p, p' şi f dacă sînt de partea de unde vine lumina, adică în direcţia luminii reflectate şi ca negative în sens contrar. În adevăr din fig. alăturată se poate vedea că AB = IS'. Dacă I este aproape de S, vom avea : CS' = CS şi FS' = FS = f. Fie AS = p şi A'S = p'.



Aplicînd cele cunoscute se obţine :

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{2f+p}{2f-p}; \quad \frac{AB}{A'B'} = \frac{S'I}{A'B'} = \frac{FS'}{FA'} = \frac{f}{f-p},$$

Egalînd valorile găsite pentru AB/A'B', avem:

$$\frac{2f+p}{2f-p} = \frac{f}{f-p},$$

sau făcînd aceleaşi transformări ca mai sus, găsim:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f} \text{ sau } \frac{1}{f} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} \qquad (1)$$

Bazaţi pe datele acestor formule, putem stabili experimental distanţa focală astfel : pe un banc optic, adică pe o riglă gradată şi divizată în mm, alunecă trei suporturi : primul ce susţine oglinda (O) al doilea cu obiectul luminos (S) şi al treilea cu un paravan (P).

Fixăm oglinda şi lumînarea pe banc la distanţe anumite, apoi mişcăm paravanul pînă se formează pe el foarte clar imaginea obiectului luminos. Citim pe banc diviziunile : n_1 în dreptul căruia se află in-

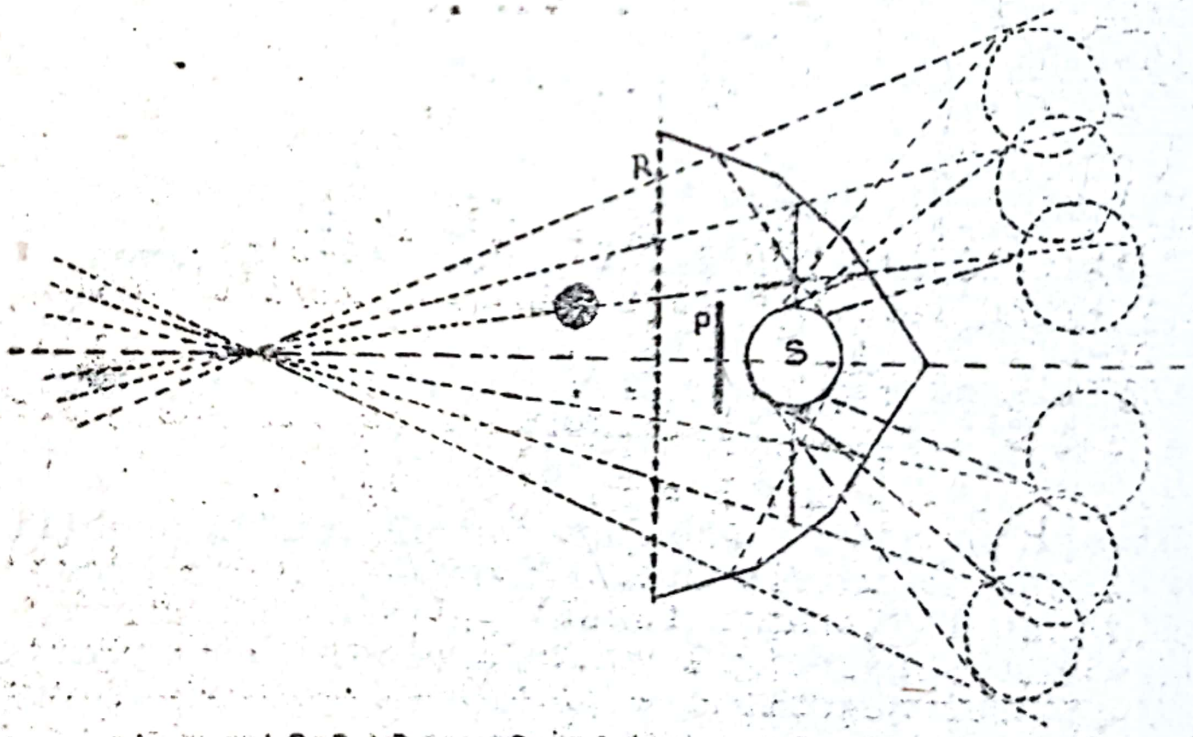
dicatorul suportului oglinzii; n_2 din dreptul indicatorului suportului paravanului şi n_3 din dreptul indicatorului suportului lumînării. Vom avea astfel : $n_3 - n_1 = p$ şi $n_2 - n_1 = p'$.

Aplicînd aceste valori în formulele oglinzilor, aflăm distanţa focală f.

Repetăm determinarea modificînd poziţia lumînării şi deci şi a imaginii de ex. apropiind necontenit lumînarea de oglindă şi îndepărtînd paravanul. Media valorilor căpătate prin mai multe determinări cu distanţe diferite, ne va da valoarea cea mai apropiată a distanţei focale.

Aplicaţii în medicină.

Pe fenomenul reflexiei se bazează construirea lămpilor scialitice. Iată din ce este formată o astfel de lampă : o serie de trei oglinzi plane sau conice fac între ele astfel de unghiuri, încît o sursă de lumină de mari dimensiuni (bec electric opalin), formează în realitate o serie de 6 surse virtuale ce sînt susceptibile de a trimite toate raze ce se unesc în acelaşi punct. Acest dispozitiv



serveşte astfel de a lumina un plan sau profunzimea şi pereţii vreunei cavităţi aşezată în faţa reflectorului şi pe care să nu se proiecteze nici o umbră apreciabilă cînd între sursa de lumină şi plan se interpun obiecte opace a căror dimensiuni sînt însă inferioare cu 1/3 celor a reflectorului.

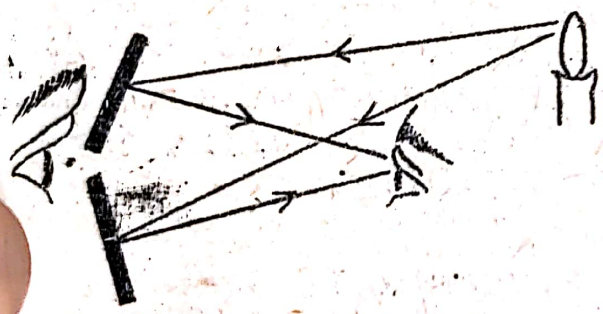
Lampa sciaiitică nu dă nici orbiri (din cauza paravanului P)şi nici degajare de căldură (din cauza reţelei metalice R).

Explicarea fenomenului că nu se obţin umbre cu această lampă,este foarte simplă : umbra pe care ar proecta-o obiectul este anahilată de toate celelalte raze,care după cum am văzut,converg în acelaşi punct.

Din considerentele arătate mai sus,lampa sciaiitică este larg folosită în chirurgie,ea fiind indispensabilă oricărei săli de operaţii precum şi în stomatologie.

Dintre oglinzile sferice au aplicaţii în medicină numai oglinzile concave. Dintre aparatele medicale care utilizează astfel de oglinzi citäm : oglinda frontală Clark utilizată în serviciile de O.R.L.şi oftalmoscopul (Helmholtz) utilizat în oftalmologie.

Oricare dintre ele nu este altceva decît o

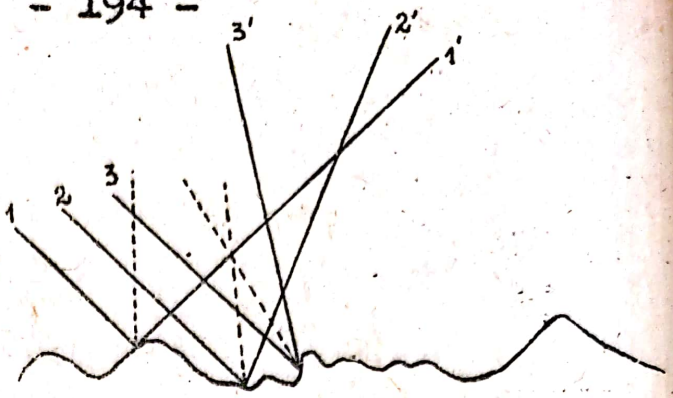


oglindă sferică concavă, ce ne permite să concentrăm lumina emisă de o sursă luminoasă şi să o trimitem prin pupila ochiului de ex.,în interiorul acestuia. Oculistul sau orelistul examinează astfel conform schiţei alăturate fundul de ochi sau una din cavităţile capului,printr-o mică deschidere făcută în mijlocul oglinzii aparatului.

Difuziunea luminii.

Cînd un fascicul luminos cade pe o suprafaţă nelucioasă (neregulată),nu mai suferă în mod aparent,fenomenul de reflexie,căci razele se împrăştie în toate direcţiile,căpătîndu-se astfel din cauza împrăştierii fasciculului,o lumină mai slabă. In acest caz spunem că lumina difuzează. Deci numim difuziunea luminii,împrăştierea razelor luminoase atunci cînd acestea cad pe o saprafaţă neregulată.

Dacă analizăm mai îndeaproape acest fenomen, fiecare rază de lumină luată separat se comportă tot după legile reflexiei, însă în tot,se capătă aspectul de lumină împrăştiată (difuzată) deoarece



fiecare rază cade sub un unghi de incidenţă diferit unul faţă de altul din cauza faptului că suprafaţa neregulată trebuie considerată ca fiind formată dintr-o infinitate de suprafeţe plane, cu o infinitate de normale şi deci unghiurile de reflexie vor fi şi ele infinite.

Cantitatea de lumină difuzată de o suprafaţă oarecare creşte cu cît suprafaţa este mai neregulată şi cu cît lumina incidentă cade sub un unghi mai oblic.

Aplicaţii.

Graţie acestui fenomen putem vedea unele corpuri invizibile cu ochiul liber. Astfel sînt vizibile particulele în suspensie în atmosferă sau într-un lichid oarecare cum ar fi apa (fenomenul lui Tyndall). Deaceea fenomenul a fost aplicat la recunoaşterea stării de puritate a unei mase de aer sau a apei, căci apa în absenţa germenilor, este optic vidă, adică lasă să treacă prin ea lumina fără ca aceasta să lase vreo urmă vizibilă.

Aplicaţii în medicină.

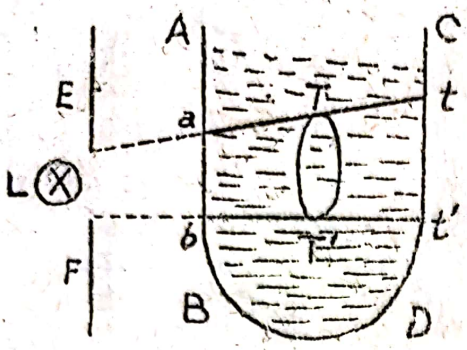
In medicină difuziunea serveşte la :

- Recunoaşterea uşoarelor descvamaţii ale corneei, urme de vechi cheratite, cînd aceasta este oblic luminată.

- Se poate constata opacitatea de debut a cristalinului prin existenţa unor corpusculi mai mult sau mai puţin opaci în masa corpului vitros.

- La recunoaşterea prezenţei unui corp opac în mijlocul unei mase lichide a organismului. Astfel se poate constata prezenţa sau absenţa testiculului în burse în caz de hidrocel, adică atunci cînd acestea sînt invadate de serozitate. Pentru un astfel de examen se procedează astfel : se proiectează o lumină puternică (L) în apropierea peretelui (AB) al bursei. Acest perete astfel luminat şi a cărui opacitate nu este absolută, va difuza lumina în masa lichidă. Prezenţa testiculului este indicată prin proiecţia unei umbre pe peretele opus (CD) al bursei respective, prin razele

tangente (aTt şi bT't'). Deci prezenţa corpului opac (al testicululuI)ne este indicată prin această umbră.



Se poate întîmpla însă,ca din cauza distanţei mici dintre peretele AB şi testicul şi a distanţei mari dela acesta la peretele CD,sau din cauza micimii testiculului,acesta să nu proiecteze nici o umbră pe peretele CD. Deci,se poate întîmpla că examenul să nu ne arate prezenţa testiculului,deşi el este prezent (tangentele extreme se întîlnesc astfel în mijlocul masei de lichid). Aşa că pentru a face examenul mai sigur trebuie să limităm porţiunea utilă (luminată) a peretelui AB prin ajutorul unui ecran prevăzut cu un orificiu central EF destul de strîmt astfel ca tangentele să se întîlnească peste peretele CD şi să proiecteze deci o umbră pe acest perete.

Pentru ca fenomenul de umbră să fie şi mai evident este util de a interpune o lentilă convergentă între sursa L şi peretele EF;astfel încît să crească strălucirea acestui perete.

Refracţia luminii.

Cînd o rază de lumină (sau un fascicul luminos)întîlneşte o suprafaţă transparentă şi de o densitate diferită de cea a mediului prin care trecuse pînă atunci,suferă o deviere din direcţia ei. Numim fenomenul refracţiei,devierea pe care o suferă o rază de lumină atunci cînd traversează limita de separare dintre două medii de densităţi diferite.

Şi aici,ca şi pentru fenomenul reflexiei,ne servim de anumite drepte şi anume : raza incidentă (i),normala (n) şi raza refractată (r)

Refracţia se supune unor anumite legi descoperite de R.Descartes şi W. Snellius :

- Raza incidentă,normala şi refraetata sînt în acelaşi plan.

- Raportul dintre sinusul unghiului de incidenţă şi sinusul unghiului de refracţie este un număr constant ce nu depinde decît de natura (diferenţa de densitate) a celor două medii şi de lun-

gimea de undă a razei incidente. El se numeşte "indicele de refracţie" al mediului al doilea faţă de primul şi se notează cu litera n sau n_D. Deci:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (1)$$

Indicele de refracţie este absolut atunci cînd exprimă acest raport între un mediu oarecare şi vid : n = sin i (vid)/sin r (mediu oarecare).

Indicele de refracţie este relativ atunci cînd arată raportul sinusurilor unghiurilor de incidenţă şi de refracţie a două medii diferite oarecare. El nu reprezintă în fond altceva decît raportul dintre indicii absoluţi ai celor două medii :

$$n = \frac{N_2}{N_1} \quad (2)$$

Inlocuind în formula (1) pe n cu valoarea obţinută în (2) rezultă :

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{sau} \quad N_1 \sin i = N_2 \sin r$$

Dăm cîţiva indici de refracţie pentru substanţele mai des întîlnite :

aer	1	balsam de Canada	1,540
ghiaţă	1,309	sticla de Crown:	1,520
eter	1,352	" " grea	1,615
apă	1,334	sticla de Flint	1,609
alcool	1,363	" " grea	1,752
fluorină	1,434	sticla lentilelor	1,515
cloroform	1,446	sulfură de carbon	1,628
benzen	1,510	diamant	2,420
oleu de cedru	1,515		

Cînd lumina trece din aer într-una din mediile ale căror indice de refracţie (n) faţă de aer este mai mare decît unitatea (ca în exemplele de mai sus) spunem atunci că mediul este mai dens din p.d.v. optic decît aerul. Ori de cîte ori raza de lumină trece dintr-un mediu mai puţin dens în unul mai dens, ea se apropie de normală şi invers pentru cazul cînd trece dintr-un mediu mai dens în unul mai puţin dens.

Unghiul de refracţie este cu atît mai mic, deci este o refracţie cu atît mai pronunţată şi deci (n) este cu atît mai mare, cu cît diferenţa de densitate dintre cele două medii este mai mare şi cu cît lungimea de undă a razei incidente este mai

mică.

Vom studia mai jos fenomenul de refracţie prin diverşi dioptri. Dioptrul este un sistem de două medii transparente cu indici diferiţi, separate printr-o suprafaţă plană (dioptrul plan), curbă (dioptrul sferic) sau cilindrică (dioptrul cilindric).

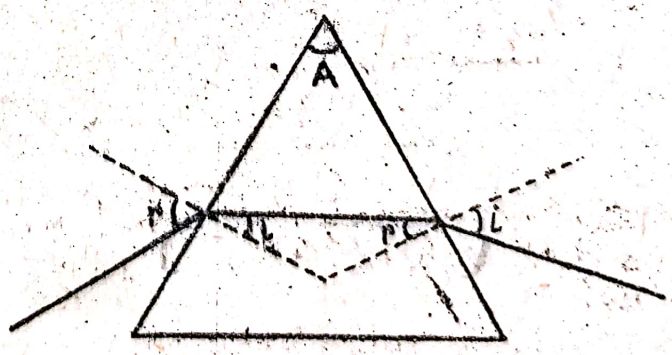
A. Refracţia prin dioptrii plani.

a) Refracţia prin feţe paralele este un fenomen întîlnit atunci cînd raza de lumină traversează un mediu transparent mărginit de două suprafeţe plane, cum avem în cazul sticlei. Din figură se poate observa foarte uşor că fasciculul emergent este paralel cu cel incident, indiferent de cîte straturi se interpun şi indiferent de natura lor.

b) Dacă avem un mediu transparent separat de două suprafeţe plane dar neparalele (ce fac între ele un unghi, de ex. o prizmă), atunci unghiul de emergenţă şi cu cel de incidenţă sînt egale, dar raza incidentă cu cea emergentă nu mai sînt paralele.

Puterea unei prisme se caracterizează prin deviaţia totală pe care o produce unui fascicul luminos sau unei raze de lumină. Deviaţia totală (δ) printr-o prismă este egală cu :

$$\delta = i + i' - A$$ (formula prismei) ori r' şi i' depind de i, n şi A, adică de unghiul de incidenţă, natura substanţei din care e făcută prisma şi forma prismei şi deci şi (δ) va depinde tot de aceşti trei factori. Experienţa arată că (δ) creşte atunci cînd creşte A, n sau i.

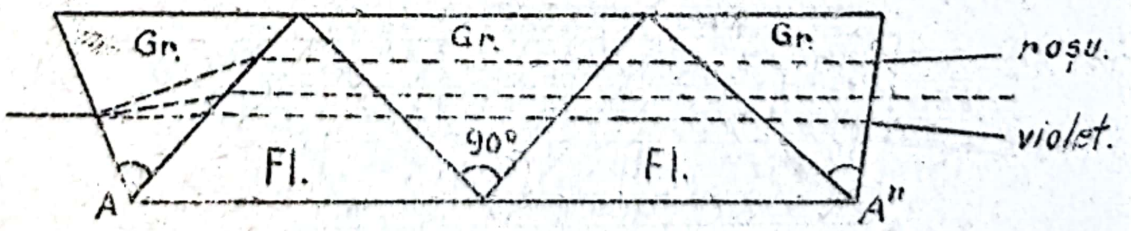


Dacă unghiul de refringerenţă este mic iar lumina cade aproape normal pe faţa de intrare, formula prismei devine : $\delta = (n-1).A$; deviaţia este

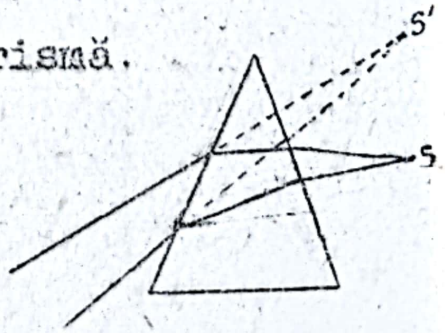
independentă de (i) şi creşte proporţional cu A. Dacă pe o astfel de prismă se aduce un fascicul de lumină albă, diferitele culori care compun lumina albă sînt deviate diferit din cauza prismei (unghiul de refracţie depinde de lungimea de undă a razei).

Dacă printr-o prismă trece un fascicul îngust, el este dispersat sub forma unui spectru format din cele 7 culori simple. Dacă alăturăm acestei prisme o a doua cu acelaşi unghi şi din aceiaşi substanţă, dar aşezată invers, diferitele deviaţii ale razelor sînt egale şi de sens contrar celor date de prima prismă, încît fasciculul iese alb ca printr-o lamă cu feţe plan paralele. Sistemul celor două prisme este acromatic. Dacă însă cele două prisme sînt de substanţe diferite dar cu acelaşi unghi A, lumina iese dispersată. Dacă se potrivesc unghiurile, se poate întîmpla ca lumina să iasă albă (nedispersată) însă deviată (sistem acromatic). De obicei pentru un astfel de sistem trebuie ca prisma de flint să aibă un unghi de refringenţă cam 1/2 din cel al prismei de crown pentru ca sistemul să fie acromatic (De ex. pentru crown $A = 20^0$ iar pentru flint $A = 9^0,30'$).

Se poate întîmpla şi un sistem de prisme care să aibă dispersie, dar deviaţia să fie compensată, obţinîndu-se ceea ce se numeşte o prismă cu vedere directă (sau prisma Amici) folosită în spectroscopie: un sistem de prisme în care se compensează deviaţia pentru linia galbenă D. Cel mai obişnuit sistem are trei prisme de crown din care cea din mijloc are unghiul A de 90^0 şi două prisme de flint cu unghiul tot de 90^0. Unghiurile A' şi A" se calculează



Imaginea obiectelor prin prismă. Sîntem obişnuiţi să proiectăm imaginea obiectelor văzute în lungul razei de lumină ce a pătruns în ochi. Datorită acestui fapt, în mod obişnuit igno-

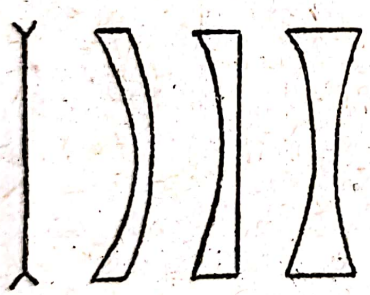


răm efectul refracţiei, mai ales că fenomenul nu se produce prea des în natură şi deci nu intră decît în mică măsură în experienţa zilnică. Iată de ce un obiect privit printr-o prismă ne apare deplasat spre vîrful prismei.

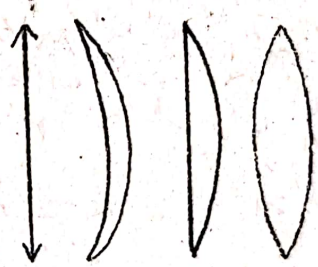
B. Refracţia prin dioptri sferici.

Dacă o rază traversează un mediu transparent mărginit de două suprafeţe curbe, atunci se ajunge la o construcţie optică specială care poartă numele de lentilă. Lentila este un mediu optic transparent şi deci refringent, separat de două suprafeţe din care cel puţin una trebuie să fie curbă (tăiată dintr-o sferă).

După forma lor lentilele sînt sferice, cilindrice, parabolice. Cele sferice sînt cele mai utilizate şi ele pot fi concave (planconcave, biconcave, menisc divergente) şi convexe (planconvexe, biconvexe şi menisc convergente). După modul cum deviază razele de lumină ele sînt convergente (lentilele convexe), adică strîng razele de lumină şi divergente (lentilele concave), care împrăştie razele unui fascicul luminos.



lentile concave (divergente).



lentile convexe (convergente).

Refracţia în fiecare punct al lentilei se face ca şi la nivelul unei suprafeţe plane de separare între două medii, deoarece suprafaţa curbă a lentilei este considerată ca fiind formată dintr-o infinitate de suprafeţe plane foarte mici.

Elementele unei lentile.

Pentru a ne da seama de formarea imaginii într-o lentilă este nevoie să cunoaştem mai întîi care sînt elementele unei lentile :

- Axul principal este linia imaginară care trece prin mijlocul lentilei perpendicular pe ea.
- Centrul optic al lentilei este punctul în

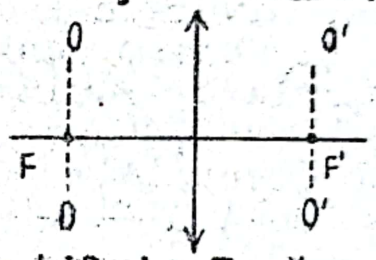
care axul principal întretaie mijlocul lentilei.

- Centrul de curbură este un punct situat pe axul principal şi corespunde centrului sferei din care a fost tăiată lentila.

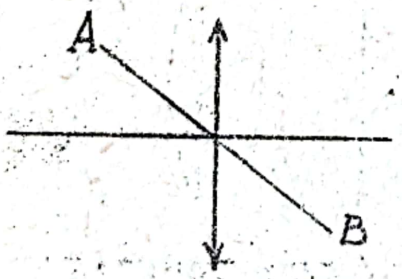
- Focarul lentilei este punctul situat pe axul principal cam la jumătatea distanţei dintre centrul optic şi centrul de curbură, în care se adună razele de lumină. Distanţa de la focar pînă la centrul optic poartă numele de distanţă focală şi serveşte la măsurarea puterii de convergenţă sau de divergenţă a lentilei.

La lentile dublul distanţei focale nu corespunde exact cu centrul de curbură ca la oglinzi, din cauza refracţiei care este diferită în funcţie de natura materialului din care este făcută lentila şi lungimea de undă a luminii incidentă, aşa că trebuie să considerăm corect ca punct de reper nu centrul de curbură ci dublul distanţei focale.

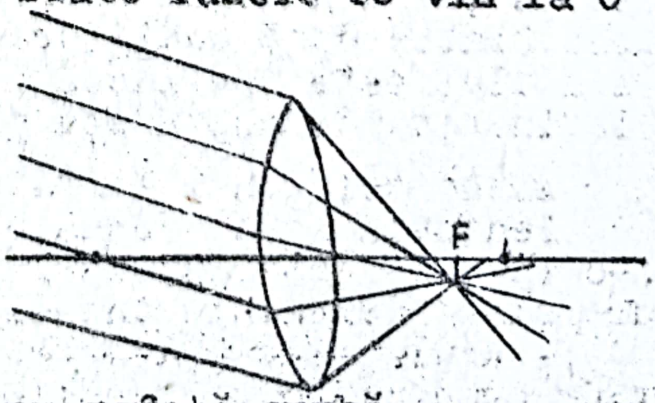
- Planul ce trece prin focar perpendicular pe axul optic (O - O şi O'-O') se numeşte planul focal. El reprezintă de fapt o linie curbă depărtată mereu la aceiaşi distanţă (r) de curbura lentilei. Însă pentru distanţe mici se consideră ca o dreaptă.



- Ax secundar. Orice ax ce străbate lentila prin centrul optic fără să treacă şi prin centrul de curbură, este un ax secundar (de ex. AB). Fiecare fascicol luminos ce soseşte înclinat la lentilă faţă de axul principal, îşi are axul său secundar. Avem prin urmare la o lentilă o infinitate de axe secundare.



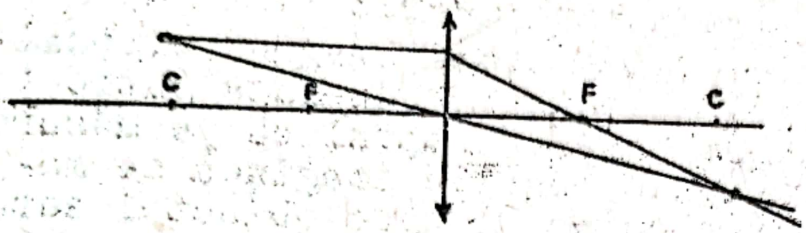
- Focar secundar. Toate razele ce vin la o lentilă paralele cu axul secundar, după trecerea prin lentilă converg într-un focar aşezat pe axul secundar în acelaşi plan cuprinzînd focarul. Locul geometric al tuturor focarelor secundare constituie o suprafaţă curbă.



Cunoscînd aceste date putem construi imaginile în lentile.

Imaginile în lentilele convexe (convergente).

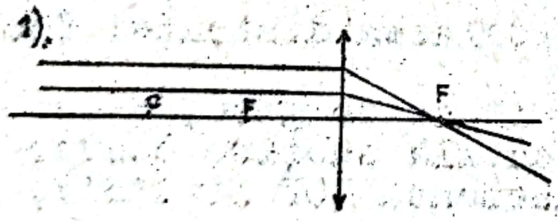
Imaginea unui punct. Dela fiecare punct al unui obiect pleacă o infinitate de raze. Noi vom considera numai două raze pentru a putea preciza imaginea acestui punct: una paralelă cu axul principal şi care se duce în focar; alta care trece direct prin centrul optic al lentilei.

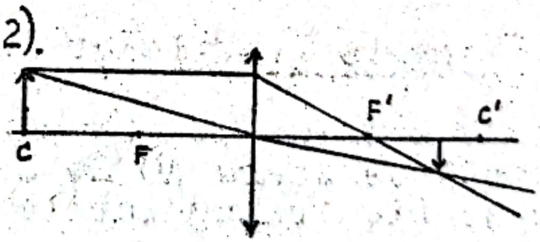


Imaginea unui obiect într-o lentilă se face la fel; de data aceasta vom considera două puncte aflate la cele două extremităţi ale obiectului nostru care este figurat ca o săgeată.

1) Cînd obiectul este la infinit, imaginea se formează în focar căci toate razele care merg spre lentilă sînt paralele cu axul principal şi deci perpendiculare pe lentilă.

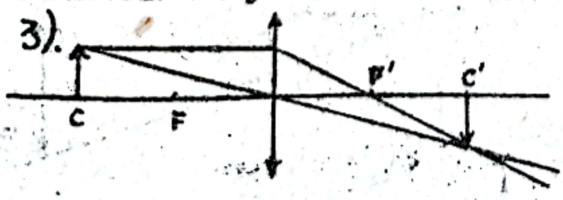
2) Cînd obiectul este dincolo de centrul de curbură, imaginea este între centru şi focar, mai mică, răsturnată şi reală.

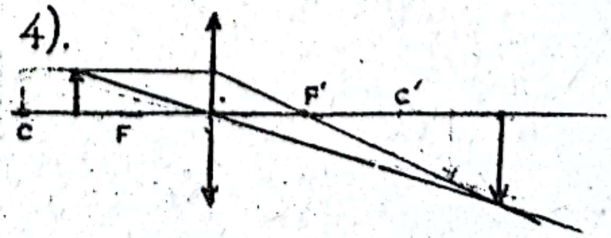




3) Cînd obiectul este în centrul de curbură, imaginea este în celălalt centru, egală răsturnată şi reală.

4) Cînd obiectul este între centrul de curbură şi focar, imaginea este dincolo de centru, mai mare, răsturnată şi reală.





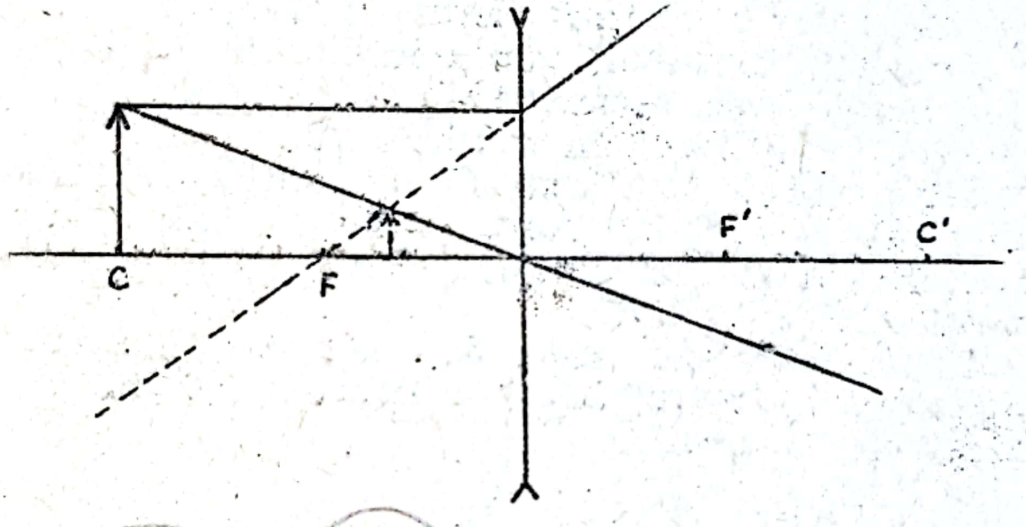
Scanned with OKEN Scanner

5) Cînd obiectul este în focar, imaginea este la infinit, foarte mare şi reală.

6) Cînd obiectul este între focar şi centrul optic, imaginea este mai mare dreaptă şi virtuală (adică de aceiaşi parte cu obiectul).

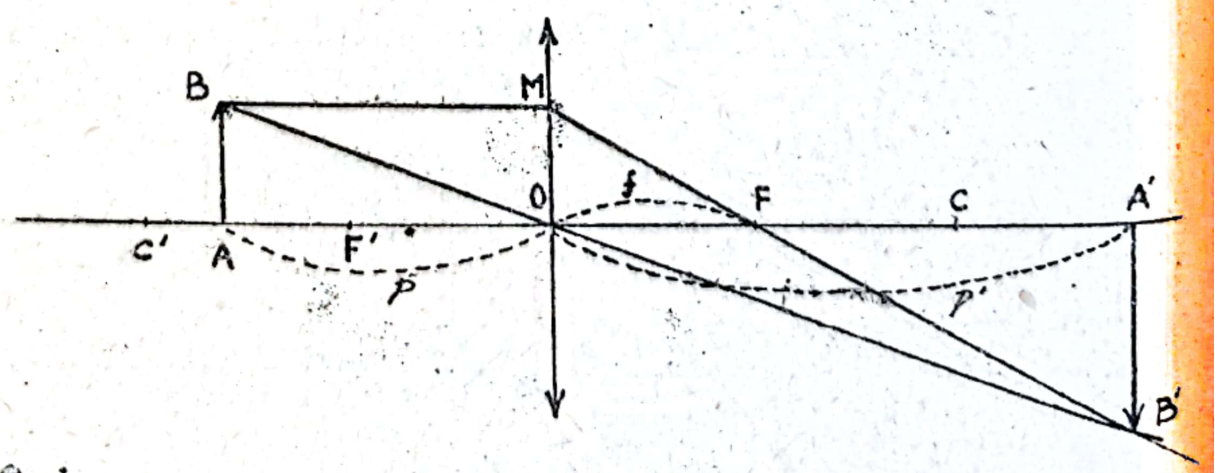
Imaginile în lentilele concave (divergente).

Se capătă întotdeauna numai imagini virtuale, drepte, mai mici decît obiectul şi aşezate între focar şi lentilă. Se mai remarcă faptul că pe măsură ce obiectul se apropie de lentilă, imaginea se măreşte şi în cazul particular în care obiectul este lipit de lentilă, imaginea se confundă cu obiectul amîndouă avînd aceiaşi mărime.



Formula lentilelor (calcularea distanţei focale).

Să considerăm obiectul AB ce se găseşte la o distanţă oarecare AO de o lentilă subţire convergentă. Din triunghiurile asemenea MOF şi A'B'F,



reese :

$$\frac{OM}{A'B'} = \frac{OF}{A'F}$$

ori cum OF = f şi A'F = p'-f, înlocuind în formula de mai sus, obţinem :

$$\frac{OM}{A'B'} = \frac{f}{p'-f} \qquad (1)$$

Din triunghiurile asemenea ABO şi A'B'O, rezultă :

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{AO}{OA'}$$

Inlocuind pe AO cu p iar pe OA' cu p', obţinem :

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{p}{p'} \qquad (2)$$

Deoarece OM = AB, atunci şi termenii din stînga ai proporţiilor (1) şi (2) sînt egale, deci:

$$\frac{f}{p'-f} = \frac{p}{p'}$$

de unde fp' = pp'-pf sau : fp' + pf = pp'

Impărţind ambii termeni ai ecuaţiei cu produsul pp'f, obţinem :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

formulă care reprezintă formula lentilelor convergente. Dar pentru că distanţa focală depinde şi de natura materialului din care este făcută lentila, formula completă devine :

$$\frac{1}{f} = (n-1).\frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

In cazul în care avem imagini virtuale (cazul lentilelor concave şi cazul 6 al lentilelor convexe), formula de aflare a distanţei focale devine :

$$\frac{1}{f} = (n-1).\frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$$

Determinarea experimentală a distanţei focale pentru o lentilă se face ca şi în cazul determinării distanţei focale a oglinzilor.

Pe acelaşi banc optic, fixăm lentila (L) către mijlocul bancului la o diviziune oarecare (n_1) arătată de indicatorul suportului lui, sursa de lumină (S) la o diviziune (n_3) şi mişcăm paravanul (P) pînă căpătăm o imagine foarte clară. Citim diviziunea (n_2) ce corespunde indicatorului paravanului. Distanţele vor fi : $p = n_3 - n_1$ şi $p' = n_1 - n_2$.

Introducînd aceste valori în formula arătată mai sus, vom putea calcula distanţa focală.

Lăsînd lentila nemişcată, modificăm poziţia lumînării şi pentru fiecare poziţie aflăm distanţa focală. Media aritmetică a distanţelor focale căpătate astfel reprezintă valoarea cea mai apropiată a distanţei focale a lentilei. Deaceea se fac cel puţin 5 determinări cu diferite poziţii ale sursei de lumină.

Numerotarea lentilelor. Puterea dioptrică. Dioptria. După cum am văzut mai sus, distanţa focală este distanţa dintre centrul optic şi focar. Cu cît distanţa focală este mai mică, cu atît puterea de convergenţă sau de divergenţă este mai mare.

Puterea de convergenţă sau divergenţă a unei lentile reprezintă astfel inversul distanţei focale (adică P = 1/f) şi se numeşte puterea dioptrică. Unitatea de măsură pentru puterea dioptrică este dioptria care reprezintă lentila ce are distanţa focală de 1 m, adică în acest caz P = 1/1 = 1.

Calcularea dioptriilor unei lentile se face aplicînd formula generală a puterii dioptrice. De ex.: pentru f = 0,5 m P = 1/0,5 = 2 dioptrii.

" f = 0,33m P = 1/0,33= 3 "

" f = 0,25m P = 1/0,25= 4 "

" f = 2,0 m P = 1/2 = 0,5 "

" f = 3,0 m P = 1/3 = 0,33"

" f = 4,0 m P = 1/4 = 0,25"

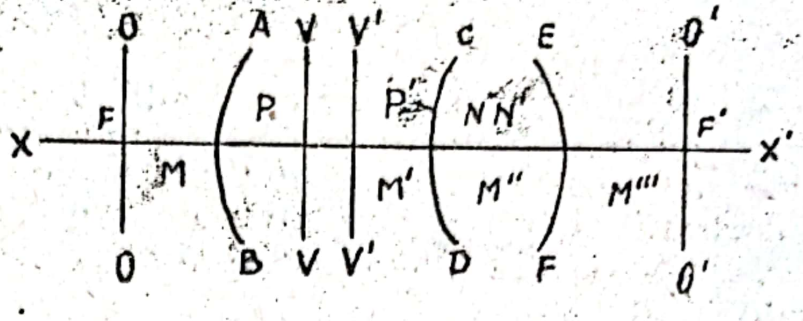
Lentilele convergente se notează cu + iar cele divergente cu -. Astfel o lentilă de + 10 dioptrii este o lentilă convergentă ce are o distanţă focală de f = 1/10 = 0,10 m; o lentilă de - 5 dioptrii este o lentilă divergentă de f = 1/5 = 0,20 m, etc.

Invers, dacă ştim dioptriile şi vrem să aflăm distanţa focală, aplicăm formula : f=1/P dioptrii. De ex. pentru 5 dioptrii avem f = 1/5 = 0,20 m.

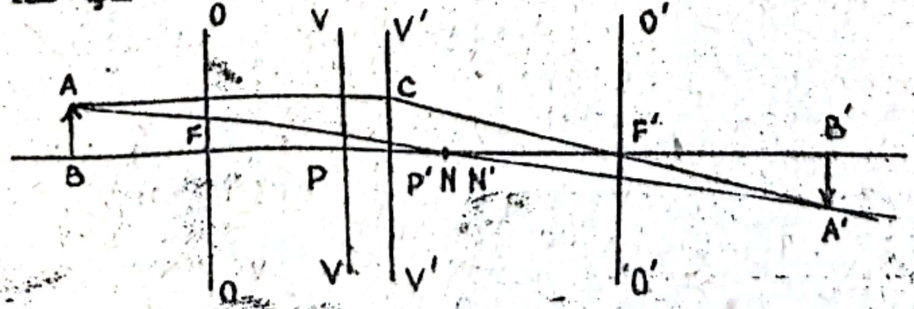
Pînă acum am considerat cazul unei singure lentile. Dar să presupunem şi cazul cînd sînt mai multe lentile a căror centre de curburi a suprafeţelor de refracţie sînt dispuse pe un singur ax, sistem ce se numeşte centrat.

Pentru formarea imaginii într-un sistem centrat chiar cu mai multe medii de refracţie separate prin suprafeţe sferice, este suficient să ştim 6 puncte constante ale sistemului (constantele optice ale lui

Gauss). Presupunem un sistem centrat cu 4 medii de refracţie diferite (M,M',M",M"') separate de 3 suprafeţe sferice (AB,CD,EF)şi centrate pe axul X-X'. Din cele 6 puncte,două sînt focarele F şi F'. (F este focarul anterior şi F' focarul posterior).Toate razele care ies din planul focal anterior devin paralele după refracţie. Intre cele două focare se află două puncte principale P şi P'.Planurile V-V şi V'-V' perpendiculare pe axul optic şi care trec prin aceste puncte se numesc planuri principale. Punctele principale se caracterizează prin faptul că razele care trec prin primul punct principal,trec prin al doilea după refracţia definitivă. Punctele planurilor principale ocupă poziţii congruente,adică dacă aşezăm obiectul careşi formează imaginea în primul plan principal pe imaginea sa formată în al doilea plan,părţile sale corespunzătoare trebuie să corespundă. Deci dacă cunoaştem planurile principale ale sistemului dat, nu avem nevoie să urmărim drumul razei prin întregul sistem. Ultimile două puncte sînt aşa zisele puncte nodale (N şi N'). Ele se caracterizează prin aceia că raza care traversează primul mediu trecînd prin primul punct,trece după refracţie prin al doilea punct nodal şi păstrează direcţia paralelă cu direcţia sa iniţială. Dacă în faţa şi în spatele sistemului optic este unul şi acelaşi mediu (acelaşi n),punctele nodale vor corespunde cu punctele principale.



Cunoscînd aceste 6 puncte,putem construi imaginea într-un sistem complicat. Presupunem obiectul AB şi două raze ce pleacă din A. Prima rază (AC) merge paralel cu axul optic principal şi intersectează al 2-lea plan principal(V'-V') în punctul C.Ca urmare a refracţiei,trece prin focarul posterior F' în direc-

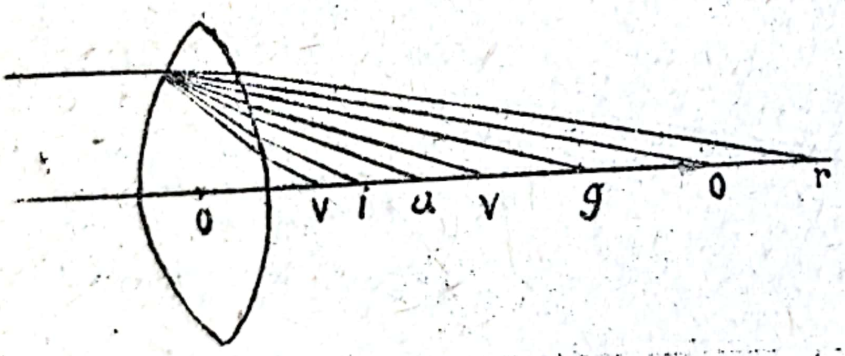


ţia CF'A'. A doua rază pleacă tot din A şi merge spre primul punct nodal N. După refracţie trece prin al doilea punct nodal N' conservînd direcţia paralelă celei precedente. Intersecţia acestei linii cu linia CF'A' în punctul A' dă imaginea punctului A.

Aberaţiile lentilelor.

Imaginea dată de o lentilă simplă suferă cîteva defecte sau aberaţii, adică nu se capătă o imagine absolut netă. Din marele grup al aberaţiilor citäm :

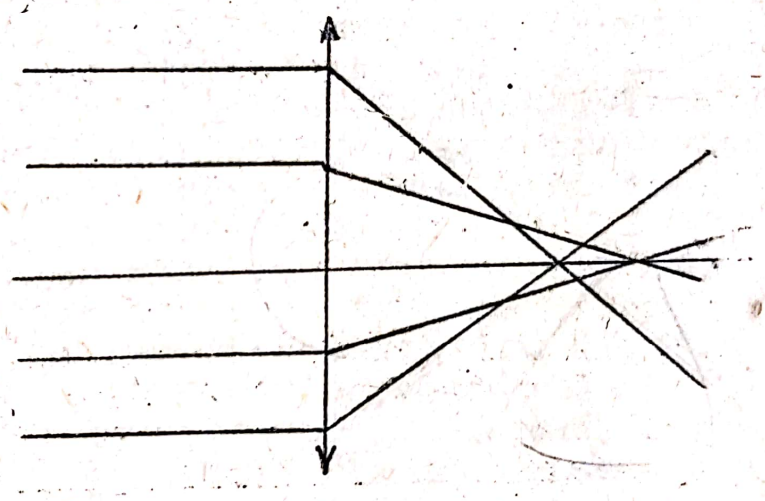
1) Aberaţia de cromacitate (refrangibilitate) se datoreşte faptului că o rază de lumină albă în momentul cînd trece printr-o lentilă, adică printr-un mediu cu un indice diferit, se refractă. Lumina albă fiind, aşa după cum ştim formată din mai multe radiaţii cu lungimi de undă diferite, fiecare radiaţie se va refracta după un anumit unghi; razele roşii avînd o lungime de undă mai mare se vor refracta mai puţin, deci vor apare într-un punct mai îndepărtat de lentilă, în timp ce razele violete, cu o lungime de undă mai mică, se vor refracta mai mult, adică vor apare într-un punct mai apropiat de lentilă. Intre aceste două limite extreme vor apare şi celelalte radiaţii. De aici rezultă mai multe focare aşezate succesiv pe axul principal al lentilei, iar imaginea ne va apare colorată în culorile spectrale.



Corijarea acestei aberaţii care ţine deci de însăşi natura radiaţiilor luminoase, se face utilizînd aşa numitele sisteme acromatice care constă dintr-o asociere de mai multe lentile şi care fac să coincidă focarul razelor pentru două culori şi

anume pentru galben şi violet. Corijarea se întinde numai pentru zona mijlocie a lentilelor. Ca o perfecţionare avem sistemele apocromatice pentru care se reunesc într-un singur punct trei raze : roşu, galben şi violet. Calitatea şi claritatea imaginii este uniformă pentru toate regiunile lentilei, pînă la periferie. Ele au fost formulate de Abbé şi au la bază o sticlă specială cu acid boric sau fosforic combinat cu un mineral izotop-fluorina. Mai există şi sisteme semi-apocromatice care sînt intermediare între cele arătate mai sus.

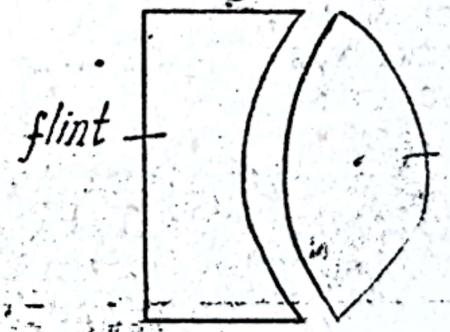
2). Aberaţia de sfericitate se caracterizează prin aceea că razele după ce străbat o lentilă simplă convergentă nu se întîlnesc în acelaşi punct de pe axa optică şi anume razele mai marginale sînt refractate mai energic decît cele centrale. De aici e clar că razele marginale se vor uni într-un focar mai apropiat de lentilă decît razele ce sînt mai apropiate de axul principal. Din cele expuse mai sus rezultă că vom căpăta o imagină cu un contur înconjurat de o nebulozitate. Acest defect este cu atît mai mare, cu cît suprafaţa sferei este mai accentuată, mai curbă, adică cu cît distanţa focală este mai mică.



Aberaţia de sfericitate se explică dacă admitem că lentila este formată din numeroase zone foarte înguste, fiecare putînd fi considerată ca făcînd parte din cîte o prismă cu altă deviere, fiindcă are alt unghiu diedru A. Cu cît raza incidentă este mai depărtată de axul principal, cu atît unghiul de deviere este mai mare; pentru axul principal unghiul de deviere este zero fiindcă acolo lentila poate fi considerată ca o lamă cu feţe plan - paralele şi deci devierea este nulă, imaginea punctului luminos formîndu-se chiar pe axul optic.

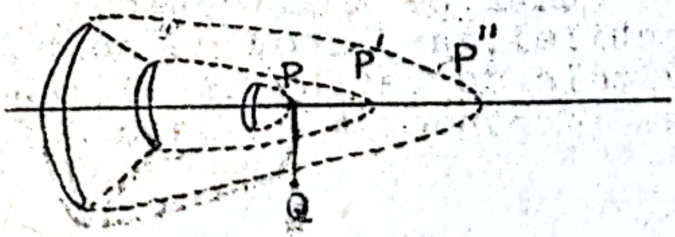
Pe lîngă curbura lentilei, ca factor de aberaţie mai intervine şi indicele de refracţie al lentilei, căci distanţa focală depinde şi de raza de

curbură dar şi de indicele de refracţie, adică două lentile cu aceiaşi distanţă focală dar construite din material diferit, nu vor avea aceeaşi aberaţie de sfericitate. Invers, pentru o aceeaşi aberaţie, nu vor avea aceeaşi distanţă focală. Aberaţia este cu atît mai slabă cu cît indicele de refracţie este mai mare pentru o aceeaşi distanţă focală. Pe acest principiu se corijează aberaţia de sfericitate prin sistemele zise aplanetice. Prin aplanetism se înţelege convergenţa în acelaşi punct a tuturor razelor ce străbat o lentilă, adică aplanetismul este acela în care toate razele ieşite dintr-un punct (P), după ce au fost refractate de sistemul optic concură în acelaşi punct (P'). Astfel numai oglinda plană este aplanetică pentru oriče punct din spaţiu. Sistemul aplanetic cel mai utilizat este acela format din două lentile: una plan-concavă de flint (silicat dublu de K şi Pb) şi una biconvexă din crown (silicat dublu de K şi Ca). Aceste două lentile au aberaţii egale dar de sens contrar, astfel anulîndu-se. Trebuie însă să menţinem puterea convergentă a lentilei biconvexe, lucru care se face dacă curbura lentilei de crown (ABC) reprezintă 1/6 din curbura lentilei de flint (AB'C). Puterea convergentă mai este asigurată prin aceea că lentila convexă (convergentă este fabricată dintr-o sticlă mai densă, deci mai refrangibilă).



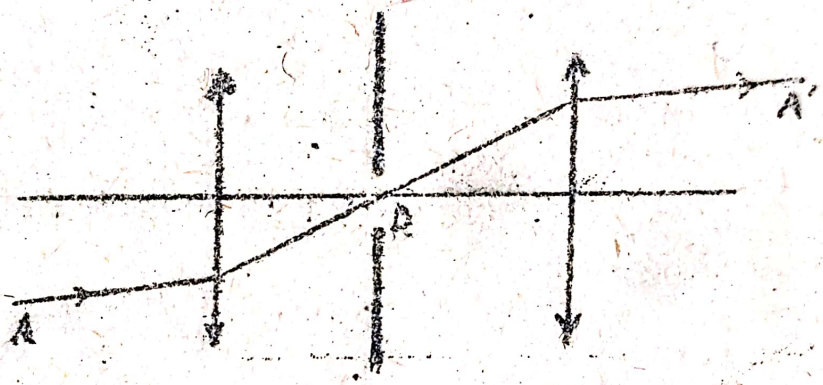
Din cauza distanţei inegale de focar a razelor, corijarea se poate face şi cu ajutorul diafragmelor, care lasă să treacă numai razele centrale. Acest procedeu însă, nu este cel mai bun, deşi K,Pb este cel mai simplu, căci se înlătură astfel o bună parte din razele luminoase şi astfel imaginea pierde din precizie, căci o imagine este cu atît mai precisă (clară) cu cît este formată din mai multe raze.

In fine, corijarea acestei aberaţii se poate face intercalînd mai multe lentile, pe acelaşi ax optic, în aşa fel, încît combinînd razele de curbură, indicii de refracţie şi distanţele lentilelor, să se diminue

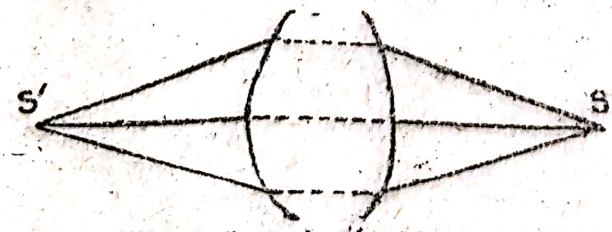


sau să se anihileze chiar aberaţia pentru un punct oarecare (P) de pe axul optic.

3) Coma. Presupunînd că am corijat aberaţia de sfericitate pentru un punct oarecare (P), adică dacă toate razele trecute de la P că cad pe lentilă, vin să conveargă în acelaşi punct P' (vezi figura de mai sus), înseamnă că pentru un alt punct Q situat în plan perpendicular cu P această proprietate nu mai este respectată, aşa că razele venite de la Q nu converg într-un singur punct ci desenează în planul normal al axului, o figură luminoasă cu aspect complicat şi dismetric ce are forma unei egrete sau comete, de unde de altfel vine şi numirea de coma dată acestei aberaţii. Deci dacă punctul obiect este exterior axei, el dă un fascicul larg ce nu mai e stigmat. Acest defect se poate corija numai cu un sistem de două lentile simetrice ce au între ele o diafragmă D. Raza principală ADA' străbate marginea inferioară a unei lentile şi marginea superioară a celeilalte, încît defectele de refracţie se compensează.



4) Astigmatismul (a = fără; stigma = punct). Înainte de a cerceta această aberaţie să vedem ce se înţelege prin stigmatism. Un izvor luminos punctiform (S') este centrul unui fascicul homocentric divergent. (Prin fascicul homocentric se înţelege fasciculul ce are un focar punctiform). Dacă acest fascicul trece printr-un sistem optic oarecare care îl reflectă sau îl refractă din care iese tot homocentricular convergent (razele se întîlnesc în S"), acest punct de convergenţă a razelor se numeşte imaginea lui S' iar sistemul optic este stigmatic, adică punctiform. Ca urmare a vitezei de propagare a razelor de lumină, imaginea S" poate fi considerată ce

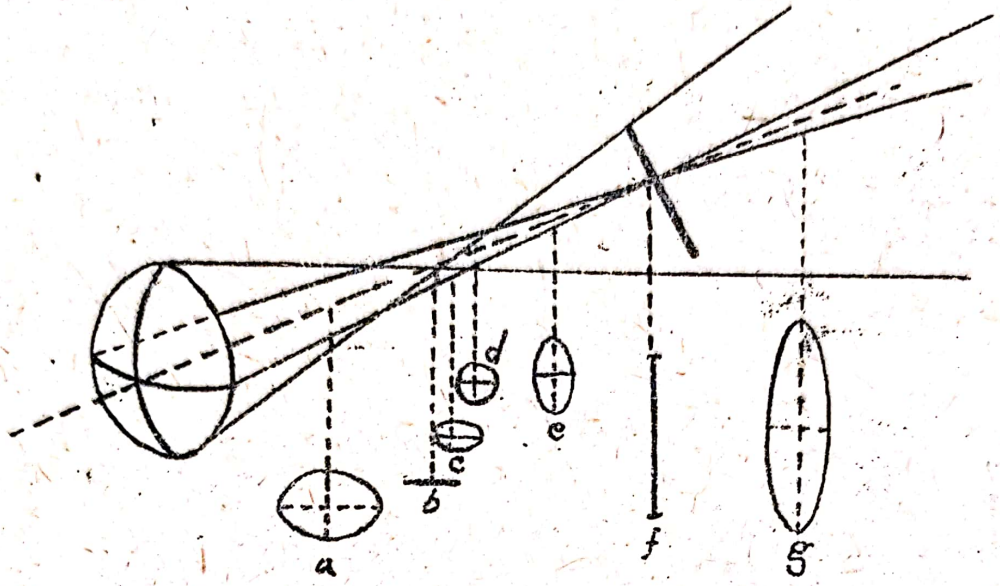


izvor de lumină, iar atunci punctul luminos S' va fi imaginea lui S". Cele două puncte S' şi S" sînt puncte conjugate ale sistemului optic. Conform teoriei lui Huygens, unda incidentă este o sferă cu centrul în S' iar unda emergentă o sferă centrată în S". Un sistem optic stigmat păstrează homocentricitatea fasciculelor de lumină ce-l străbat, cu alte cuvinte undele incidente şi cele emergente sînt sferice. Drumurile optice dintre două puncte conjugate S' şi S" sînt prin urmare toate egale. Nu toate sistemele optice sînt stigmate. Unele din ele nu păstrează homocentricitatea fasciculului de lumină, adică un punct luminos nu are ca imagine tot un punct, stigmatismul imaginii dispare. Se pot obţine astfel fascicule ce au focare liniare : fasciculele astigmate.

Lentilele trebuie să fie simetrice faţă de un ax vecin axului optic principal şi deci toate secţiunile prin lentile făcute prin planurile ce trec prin axul de simetrie sînt deci identice. Aceasta este o consecinţă logică a formei lor sferice. Dar cînd razele de curbură sînt diferite faţă de diferite planuri de secţiune, în acelaşi timp cu modificările razelor de curbură, variază şi puterea dioptrică. De aici rezultă că în astfel de lentile imaginea unui punct nu mai este un punct; deci astigmatismul este un defect ce se datoreşte faptului că nu toate meridianele sistemului optic sînt la fel de refringente.

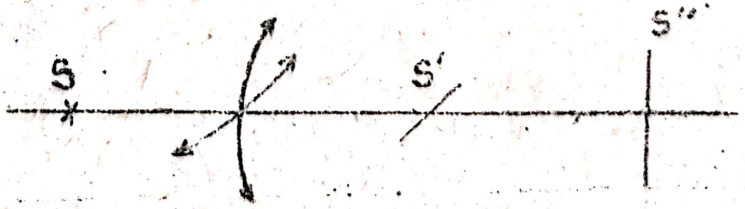
Un fascicul de raze paralele este caracterizat prin faptul că toate razele sale trec în mod obligator prin două drepte inegal distanţate de suprafaţa refringentă : linia focală anterioară (perpendiculară pe meridianul cel mai refringent) şi linia focală posterioară (perpendiculară pe meridianul cel mai puţin refringent). Liniile focale sînt astfel perpendiculare una pe cealaltă. Forma fasciculului astigmat este complicată şi este cunoscută sub numele de conoidul lui Sturm. Să considerăm un punct luminos situat la infinit şi să prindem pe un ecran imaginea lui. In cazul refracţiei printr-un sistem astigmat nu vom reuşi niciodată să obţinem o imagine punctiformă. Astfel dacă vom aşeza ecranul în apropierea suprafeţei refringente, se obţine o pată luminoasă de formă eliptică (a) a cărui ax mare este perpendicular pe meridianul mai puţin refringent. Cu cît îndepăr-

tăm ecranul, cu atît elipsa se turteşte (axul mare se scurtează) pînă cînd imaginea prinsă pe ecran



devine liniară (este linia focală anterioară b). Continuînd să depărtăm ecranul de sistemul refringent, obţinem o nouă elipsă (c). Crescînd apoi diametrul mic şi scurtîndu-se cel mare, pata devine circulară (d) şi apoi iar elipsă dar cu diametrele schimbate (e). Depărtînd în continuare ecranul, pata se turteşte din nou, imaginea devine liniară (este linia focală posterioară f perpendiculară pe cea anterioară şi perpendiculară pe meridianul mai puţin refringent). Dincolo de această linie obţinem din nou o pată elipsoidală (g).

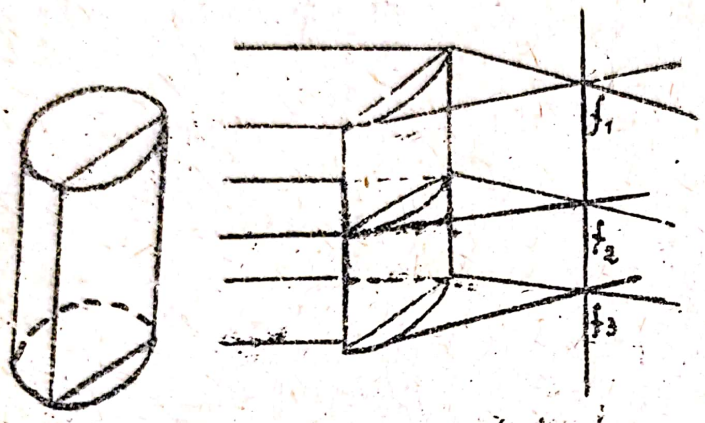
Petele luminoase astfel obţinute nu sînt altceva decît secţiuni la diferite nivele ale conoidului, ele definindu-i forma. Se remarcă că o sursă punctiformă nu-şi găseşte niciodată o imagine asemănătoare. Singurele imagini clare obţinute sînt cele două linii focale. Deci un punct luminos trecut printr-un sistem astigmat are drept imagine două linii luminoase, perpendiculare una pe alta.



Plecînd de la cele de mai sus, se poate construi imaginea unui obiect printr-un sistem astigmat. Astfel dacă avem un sistem al cărui meridian

vertical este mai refringent decît meridianul orizontal, linia focală anterioară este orizontală iar cea posterioară verticală. Deci orice punct luminos va avea ca imagine la nivelul liniei focale anterioare o linie orizontală, iar la nivelul liniei focale posterioare, una verticală.

Astigmatismul se corijează cu lentile de astigmatism de sens invers. Sistemul astigmat cel mai simplu îl formează lentilele cilindrice, care se pot construi secţionînd un cilindru circular drept, printr-un plan paralel cu axul său. Se obţine astfel o lentilă cilindrică plan-convexă, convergentă. O astfel de lentilă are caracterul unui sistem astigmat : să presupunem un fascicul de raze paralele între ele şi perpendiculare cu faţa plană şi că lentila noastră ar fi constituită



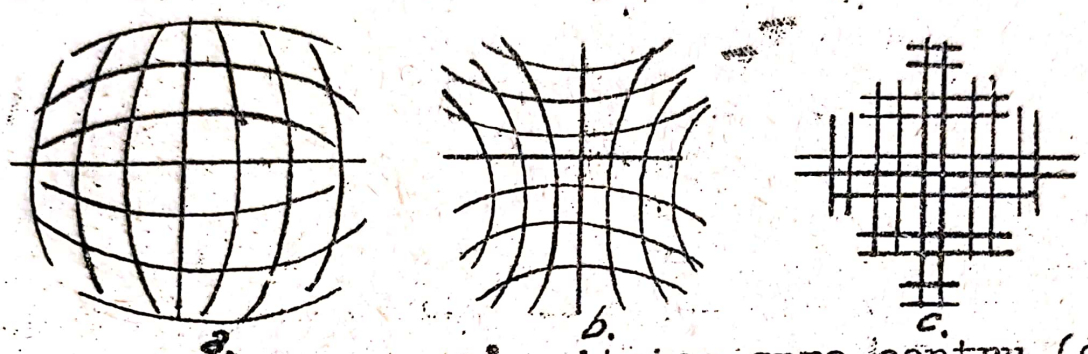
dreaptă focală

dintr-o serie de mici lentile suprapuse. Fiecare din aceste lentile va face să conveargă razele pe care le primeşte într-un focar real, iar ansamblul acestor focare suprapuse va forma o linie luminoasă paralelă cu axul lentilei, numită dreaptă focală. Există şi lentile cilindrice divergente.

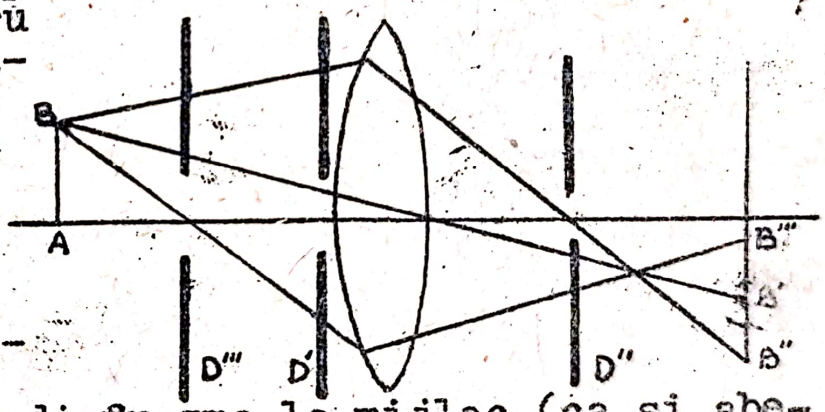
5). <u>Difracţia de punctuaţie şi formă a lentilelor</u>. Această aberaţie se capătă la imaginile ce nu mai sînt punctiforme, căci dintr-un obiect plan ce capătă pe lentilă o imagine curbă. Aberaţia mai este numită şi curbură de cîmp, la care centrul imaginii este clar, dar periferia este mai puţin clară şi pare mai ridicată căpătîndu-se astfel distorsiuni chiar în însăşi formarea unei imagini. Deci curbura de cîmp este un defect ce constă în faptul că unui obiect plan situat perpendicular pe axa principală îi corespunde o imagine curbă.

6) <u>Distorsiunile</u> Distoreia este o aberaţie dată de faptul că în interiorul cîmpului imaginii mărirea transversală nu este egală, defect datorit unei convergenţe mai mari dată de margini şi a lo- calizării fasciculelor de către o diafragmă. Dacă diafragmul este în D', imaginea este în B' şi este

corectă. Dacă diafragmul e în D", imaginea e în B", provenind dintr-un fascicul îngust, dar înclinat refractat de marginea superioară a lentilei. In acest caz, mărirea scade spre margini, deci imaginea va fi clară la mijloc, dar mai micşorată spre margini. Un desen cadrilat va avea ca imagine o reţea curbă, avînd concavitatea spre centru (formă de butoiaş- fig.a). Dacă diafragmul este D"', imaginea este în B"' provenind dintr-un fascicul îngust şi înclinat, refractată de marginea interioară a lentilei. Mărirea creşte spre marginile figurei. Imaginea unui



cadrilaj va fi cu convexitatea spre centru (distorsiune în formă de perniţă - fig.b). Dacă sistemul este corijat pentru acest defect, imaginea unei drepte este tot o dreaptă şi sistemul optic se numeşte liniar (fig.c).



Corijarea se face printr-un sistem simetric de două lentile, avînd diafragma la mijloc (ca şi aberaţia coma).

Aplicaţii în medicină.

Aplicaţiile refractometriei în medicină le vom arăta într-un capitol următor. Aici vom indica aplicaţiile combinate ale fenomenelor de reflexie şi refracţie a luminii. Pe această combinare se bazează în medicină construirea unei serii întregi de aparate care au drept scop examinarea directă a unor cavităţi din organism ce nu pot fi examinate altfel. Intre acestea intră :

- cistoscopul pentru examinarea vezicei urinare, a ureterelor, a uretrei;
- gastroscopul pentru examinarea mucoasei sto-

macale;

- rectoscopul pentru examinarea mucoasei rectale;

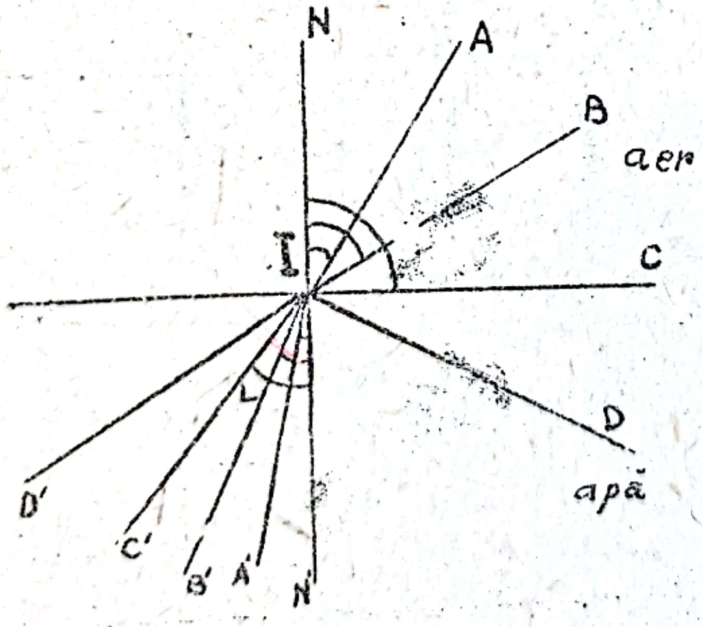
- bronhoscopul pentru examinarea bronhiilor.

Reflexia totală

Inainte de a defini fenomenul, să încercăm să-l explicăm.

Relaţia sin i/sin r = n, aplicată în cazul cînd n este mai mare decît unitatea, adică în cazul cînd raza de lumină trece dintr-un mediu mai puţin dens în unul mai dens, ne arată că oricare ar fi valoarea unghiului de incidenţă (cuprins între 0^0 şi 90^0), vom obţine o valoare reală pentru sin r, deci raza incidentă trebuie neapărat să treacă şi prin mediul al doilea transparent, cu alte cuvinte trebuie să aibă loc fenomenul de refracţie. Cea mai mare valoare a lui sin de i poate să fie 1 căci sin 90^0 =1. Aşa că cea mai mare valoare pe care o poate avea unghiul de refracţie (r) poate fi de 1/n. Această valoare maximă a unghiului de refracţie poartă numele de unghiu limită.

Pentru a înţelege fenomenul reflexiei totale să presupunem două medii diferite, de ex. aer şi apa şi o rază de lumină care trece din aer în apă, adică din mediul mai puţin dens în mediul mai dens.



Pentru raza NI corespunde raza IN', căci prima rază căzînd perpendicular pe limita de separaţie nu suferă fenomenul refracţiei. Pentru raza AI ca incidentă corespunde raza IA' ca refractată cu un unghi de refracţie mai mic decît unghiul de incidenţă. Pentru BI corespunde IB' şi a.m.d. pînă cînd pentru raza CI (paralelă cu limita de separaţie) îi corespunde raza IC' care formează astfel un unghi maxim L şi care este tocmai unghiul limită. Deci unghiul limită reprezintă unghiul maxim din mediul mai dens care corespunde unui unghi de 90° din mediul mai puţin dens. El va avea astfel o valoare întodeauna

inferioară lui 90°.

Dacă însă răsturnăm situaţia, adică dacă raza de lumină trece din apă în aer, adică dintr-un mediu mai dens în unul mai puţin dens, conform principiului întoarcerii inverse a razei de lumină, pentru conul C'IN', adică pentru orice rază cuprinsă în acest con îi corespunde o rază refractată, adică pentru C'I ca incidentă îi corespunde IC ca refractată, lui B'I îi corespunde IB şi a.m.d. Pentru orice rază de lumină situată însă în afara acestui con (de ex. raza D'I) adică atunci cînd unghiul de incidenţă din mediul mai dens este superior unghiului limită, vedem că nu se mai poate căpăta nici o rază refractată **ci o rază reflectată (D). Avem astfel fenomenul de reflexie totală.**

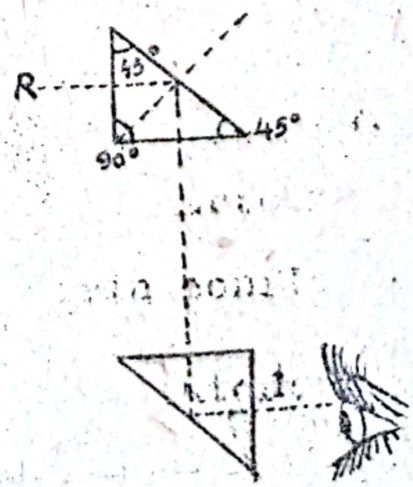
Reflexia totală reprezintă deci întoarcerea razei de lumină din mediul din care a plecat atunci cînd raza trece dintr-un mediu mai dens înspre un mediu mai puţin dens, sub un unghi mai mare decît unghiul limită.

Acest fel de reflexie este numită totală spre a se deosebi de reflexia obişnuită care este parţială, deoarece acesta din urmă este întotdeauna însoţită şi de fenomenul de refracţie. In fenomenul reflexiei totale nu există absorbţie de lumină, deci toată lumina incidentă trece mai departe.

Unghiul limită de refracţie pentru apă este de 48-49° ceea ce corespunde unui n = 1,33; pentru sticla uşoară (crown) acest unghi este de 41° şi îi corespunde un n = 1,53; pentru sticla grea (flint) unghiul este de 37°, căruia îi corespunde un n = 1,66; pentru aer n = 1.

Aplicaţii.

Fenomenul reflexiei totale este folosit acolo unde este nevoie de o luminare puternică pentrucă am văzut că la locul reflexiei nu se pierde din lumină. Fenomenul este întrebuinţat la prismele dreptunghiulare care la rîndul lor sînt folosite în diverse sisteme cum ar fi periscoapele la submarine, etc.



Refractometria.

Reprezintă determinarea indicelui de refracţie. Dar cunoaşterea acestei indice este mai puţin importantă. De multe ori în practică şi în medicină cu ajutorul lui se poate afla concentraţia diverselor soluţii.

Cum se explică faptul că măsurînd indicii de refracţie, putem afla concentraţiile diferitelor soluţii întrebuinţate ? Cu cît o soluţie este mai concentrată, cu atît creşte şi densitatea ei. Ori cum indicele de refracţie depinde de diferenţa de densitate dintre mediile prin care trece lumina, înseamnă că indicele de refracţie va fi cu atît mai modificat cu cît densitatea (deci concentraţia) unei soluţii va fi mai mare (densitatea apei şi a prismei aparatului rămînînd nemodificate). Deci noi determinăm concentraţia datorită faptului că în funcţie de ea variază densitatea, care la rîndul ei, influenţează indicele de refracţie.

Indicele de refracţie (şi deci şi concentraţia) se află cu ajutorul aparatelor numite refractometre, aparate ce se bazează pe mai multe principii. Cel mai utîlizat este refractometrul Pulfrich ce se bazează pe fenomenul refracţiei şi reflexiei totale.

Refractometrul Pulfrich propriu zis, este format din trei mari piese :

- Prisma (P) făcută dintr-o sticlă specială densă şi care după indicele de refracţie al mediului de studiat are o inclinaţie deosebită. Aşa de ex, prisma nr.I are o inclinaţie de cca.63° şi se foloseşte pentru lichidele a cărur indice de refracţie este cuprins între 1,325 şi 1,367; prisma nr.II serveşte pentru lichidele a căror indice de refracţie este cuprins între 1,366 şi 1,369. Sînt în total 6 prisme.

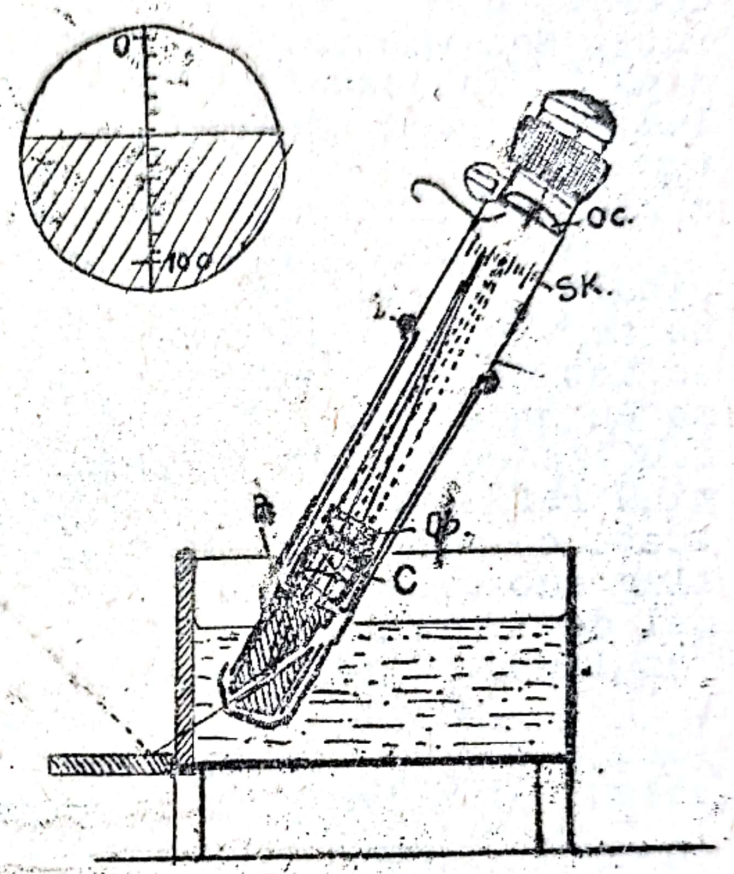
- Tubul refractometrului ce are la un capăt un obiectiv (Ob) şi la celălalt capăt un ocular (Oc) şi o scală gradată de la 0 la 100 (Sk).

- Compensatorul (C) este format dintr-un sistem de prisme Amici şi se pune la punct cu ajutorul unui inel ce se găseşte fixat în treimea superioară a tubului aparatului (i).

Compensatorul are ca scop, înlăturarea producerii de margine colorată, margine care se produce din cauza fenomenului de dispersie a luminii. Dispersia se produce în momentul cînd lumina albă trece prin prisma (P).

Aparatului propriu zis i se asociază o serie de accesorii, unele fixate chiar de aparat, iar altele ca piese separate.

Fixate de aparat se găsesc : un vernier gradat dela 1-10 şi două ghiare cu ajutorul cărora se fixează aparatul în poziţie inclinată.



Intre piesele separate, găsim :

- un sistem numit "în baionetă" ce nu este altceva decît un cilindru metalic care la partea inferioară este de sticlă pentru ca să lase să treacă lumina, iar la partea superioară se fixează solid la tubul refractometrului.

- la unele aparate deasupra ocularului se poate monta un diafragm ce micşorează cîmpul luminos.

Tot ca piese accesorii dar în afară de aparatul propriu zis, mai găsim : baia refractometrului, păhăruţele şi termometrul.

Baia nu este altceva decît un vas de tablă de formă cilindrică sau patrulateră ce se umple cu apă distilată. Baia joacă rol de termostat, ea trebuind să menţină temperatura constantă a apei în tot timpul determinării.

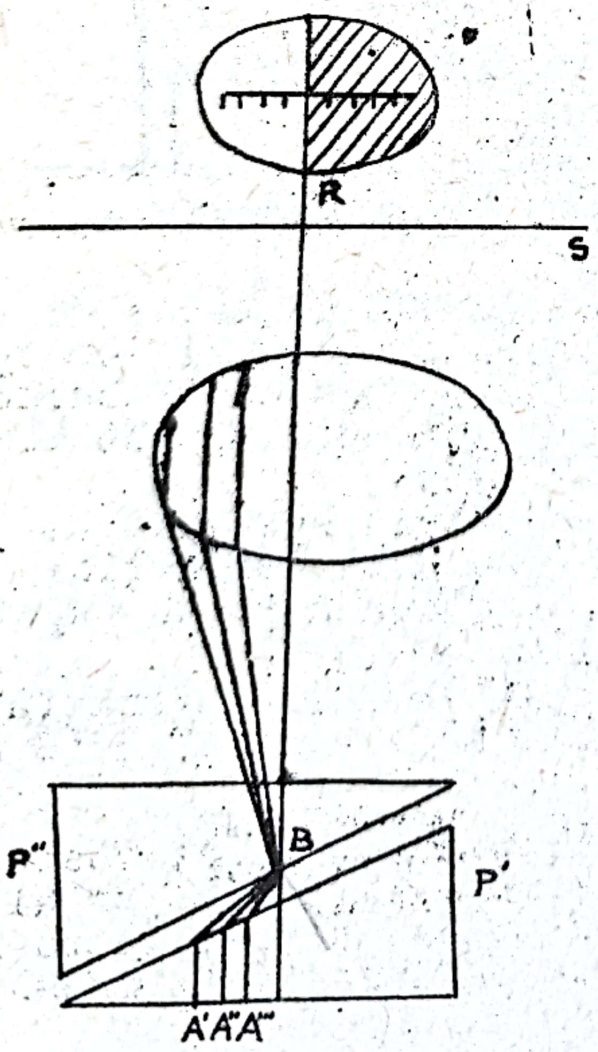
Păhăruţele făcute dintr-o sticlă specială ca raza de lumină să nu suferă fenomenul refracţiei cînd trece prin ele din apă, se fixează pe un suport al băii şi se umplu cu lichidul de cercetat.

Termometrul ne serveşte la îndicarea temperaturii apei din baie care trebuie să fie de 17,3 °C sau 17,5 °C.

Am spus mai sus că principiul de funcţionare al acestui aparat este fenomenul refracţiei şi al reflexiei totale. Să urmărim cum se petrec lucrurile : o rază de lumină captată de oglindă şi trimeasă

din aer în apă, va suferi o refracţie. Această rază trece mai departe prin apa distilată, prin peretele de sticlă al păhăruţului unde nu mai suferă nici o refracţie şi ajunge la prismă. Din cauza inclinării acesteia sub un anumit unghi, raza de lumină suferă fenomenul reflexiei totale sau a refracţiei (în funcţie de unghiul sub care cade şi deci de natura şi concentraţia soluţiei din păhăruţ). Noi vom vedea o parte din cîmp luminată şi o parte întunecată. Partea luminată este dată de lumina care a ajuns pînă în ocular, iar partea întunecată este căpătată din cauza reflexiei totale a unei porţiuni din fasciculul luminos.

Să urmărim îndeaproape ce se întîmplă cu fasciculul luminos în cazul cînd avem lichid puţin şi ne servim de două prisme, aşa după cum vom vedea că se întîmplă în multe cazuri. Intre cele două prisme cu mare indice de refracţie, se interpune o lamă subţire de lichid cu feţele paralele. Razele de lumină reflectate de oglindă după ce au trecut prin toate celelalte medii, traversează prisma P' şi ating sub diferite incidenţe, faţa inferioară a lamei de lichid în diferite puncte. Să presupunem în cazul nostru, că aceste raze converg în punctul B. Ducem normala în acest punct. Razele care au incidenţa cuprinsă între 0-90° se vor găsi sub un unghi solid şi mai ales raza BR care limitează fasciculul, va determina linia (limita) de separaţie dintre cele două cîmpuri. In caz de lumină omogenă (morocromatică), linia de demarcaţie este clar definită, însă pentru lumina albă, avînd fenomenul dispersiei, pentru fiecare culoare va apare cîte o limită, aşa că avem ca urmare, apariţia unui spectru ce ne împiedică la citit şi deaceea punem în joc sistemul compensator. Razele ce întîlnesc lama de lichid mai puţin refringentă decît sticla prismelor sub o incidenţă mai mică decît unghiul



limită, ajung pînă la scara S pe care o luminează. Celelalte, ce cad sub unghiul limită, sînt ultimele ce pot traversa sistemul optic pînă la scala gradată, ele fiind acelea care desenează linia de separaţie. Si însfîrşit, restul razelor suferă fenomenul de reflexie totală la suprafaţa lamei de lichid şi fiind eliminate, cîmpul din dreptul lor apare întunecat.

Cînd între prisme există aer sau un lichid cu un indice de refracţie mai mic decît permite măsurarea aparatului, cîmpul este complect obscur. Dacă însă lichidul are un indice prea mare, cîmpul apare complect luminat. Deaceea dacă se întîmplă să găsim o astfel de situaţie cînd ne uităm prin ocularul aparatului, vom schimba prisma şi vom monta altă prismă cu un indice mai mare sau mai mic, după natura mediului. Cînd indicele este cuprins între limitele aparatului, limita de separaţie trebuie să se formeze neaparat în dreptul unei diviziuni oarecare de pe scară.

Tehnica de lucru este puţin diferită după cum avem deaface cu determinarea refractometrică a unui lichid în cantitate suficientă sau a unui lichid în cantitate foarte mică (o picătură).

Pentru primul caz (cînd avem lichid suficient) procedăm astfel : Deoarece în baia refractometrică trebuie să punem apă distilată la o anumită temperatură, va trebui ca mai întîi să controlăm indicele de refracţie a apei, adică puritatea ei. Pentru aceasta cufundăm aparatul cu prisma nr.I direct în apă şi vedem la care diviziune găsim limita de separaţie între zona întunecată şi cea luminoasă. Dacă apa este bine distilată, această limită trebuie să apară la diviziunea 15 de pe scară. Trebuie să fim foarte atenţi ca apa să aibă temperatura indicată de aparat (de obicei 17,3°C), căci se ştie că apa la diferite temperaturi are densităţi diferite şi ca urmare a lor, vor fi şi indici de refracţie diferiţi. De ex. la 17°C apa distilată are o limită de separaţie la 15,1 iar la 18°, limita este la 14,9.

După ce am determinat astfel indicele de refracţie a apei, aşezăm păhăruţul în care avem soluţia de cercetat (de ex. o sol. oarecare de NaCl) în suportul băii. Controlînd mereu constanţa temperaturii apei din baie, cufundăm prisma exteriorară

a refractometrului în lichidul din păhăruţ. Citim pe scală diviziunea în dreptul căreia este limita de separaţie dintre cele două cîmpuri. Dacă această limită este irizată în culorile spectrului, vom mişca inelul ce pune în mişcare sistemul compensator, pînă cînd căpătăm o limită net distinctă. Dacă această limită nu se găseşte exact în dreptul unei diviziuni, ci este între două diviziuni, vom mişca de vernier, pînă cînd limita de separaţie se va ridica în sus, exact pînă la diviziunea imediat superioară (numeric mai mică). De ex. dacă la început această limită se găsea între diviziunile 47 şi 48, prin mişcarea vernierului ea se aduce exact la diviziunea 47. Ne uităm să vedem cu cîte diviziuni am mişcat vernierul. Să spunem în cazul nostru, că a fost deplasat cu 4 diviziuni; înseamnă că limita noastră de separaţie se găsea la început la diviziunea 47,4 (vernierul ne dă zecimala). Această cifră este corespunzătoare unui anumit indice de refracţie.

Pentru al doilea caz (cînd avem lichid puţin) procedăm astfel : se pune o picătură din lichidul de cercetat pe prisma refractometrului şi se acoperă apoi cu prisma ajutătoare, avînd însă grije ca întotdeauna aceste două prisme care se suprapun, numeric să fie aceleaşi. De ex. I cu I, II cu II, etc. Ambele prisme le fixăm apoi cu ajutorul tubului în baionetă şi aşa fixate le cufundăm în baia refractometrică. Citirea se poate face pentru unele lichide (serul sanguin) şi direct fără a mai cufunda sistemul în apa distilată.

Indiferent de cantitatea de lichid după ce am determinat limita de separaţie, ne servim apoi de tabelele lui Wagner în care se găsesc trecute o serie întreagă de soluţii şi pentru fiecare soluţie este trecută concentraţia corespunzătoare diviziunilor de pe scală aflate. Concentraţia este exprimată în aceste tabele, în grame la %. După cum se vede, metoda refractometrică este foarte rapidă şi uşoară de aflare a concentraţiei, din păcate însă, este restrînsă pentru un anumit număr de soluţii.

Aplicaţii.

In general serveşte la aflarea concentraţiei a o serie întreagă de substanţe organice şi minerale.

Cînd vrem să determinăm indicele de refracţie pentru uleiuri şi grăsimi trebuie să ştim că acestea au indicele de refracţie cuprins între 1,42 şi 1,49. Temperatura la care se lucrează pentru grăsimile solide este de 40°C iar pentru uleiuri de 25°C. Cînd temperaturile nu sînt exacte se face corecţia şi anume se adaugă 0,55 la numărul de grade refractometrice pentru fiecare grad de temperatura în plus şi invers se scade cîte 0,55 pentru fiecare grad de temperatură în minus. Dăm mai jos tabloul ce permite transformarea numărului de grade Zeiss de pe scala aparatului în indici de refracţie cînd lucrăm cu grăsimi :

0	1,4220	8,0
5	1,4260	8,0
10	1,4300	7,8
15	1,4339	7,6
20	1,4377	7,6
25	1,4415	7,4
30	1,4453	7,2
35	1,4488	7,2
40	1,4524	7,0
45	1,4559	6,8
50	1,4593	6,6
55	1,4626	6,6
60	1,4659	6,4
65	1,4691	6,4
70	1,4723	6,2
75	1,4754	5,8
80	1,4783	5,8
85	1,4812	5,6
90	1,4840	5,6
95	1,4868	5,4
100	1,4895	5,4

Ultima coloană reprezintă numărul ce trebuie adăugat valorii indicelui de refracţie (coloana a II-a) pentru fiecare grad refractometric socotit în plus (pentrucă gradele refractometrice de pe cadran sînt din 5 în 5).

Aplicatii în medicină.

In medicină refractometria serveşte la aflarea indicelui de refracţie a serului sanguin, determinare de o importanţă deosebită. Această determinare ne arată concentraţia în proteine a serului şi eventual raportul dintre [illegible] sanguine.

In aceste determinări ne folosim de prisma Nr.I.

Refracţia specifică (pentru soluţia 1% de proteine) este identică pentru albumine şi globuline : 17,5,ceea ce corespunde la n = 0,00187; partea neproteică din ser : n = 0,00209; apa distilată : n = 1,33320.

Dăm mai jos un tabel care ne arată indicii de refracţie,diviziunile scării şi albuminele în procente în g la %.

Indice de refracţie	Scala 17,5°C	Proteine (în proc.)	Dif.de proteine pt.o div.scala.
1,33716	25,3	1	0,015
1,33896	30	1,74	0,220
1,34086	35	2,84	0,220
1,34275	40	3,94	0,218
1,34463	45	5,03	0,218
1,34650	50	6,12	0,216
1,34836	55	7,20	0,216
1,35021	60	8,28	0,214
1,35205	65	9,35	0,202
1,35388	70	10,41	

Din tabelul de mai sus se pot calcula şi valorile intermediare de proteine.

Această metodă de determinat a proteinelor serice nu se poate aplica în următoarele cazuri: în serurile ihterice,uremice,diabetice şi lipoidice. Examenul este bine să se facă cît mai curînd după recoltarea sîngelui,căci după 4-5 ore,valorile refracţiei cresc.

Tot acest aparat ne mai serveşte la aflarea raportului plasmatic dintre albumine şi globuline,adică raportul a doi dintre cei trei constituienţi proteici din plasmă. Pentru aceasta este nevoie să cunoaştem şi vîscozitatea serului nostru. Pentru aflarea raportului ne servim de abacul lui Rohrer în care este indicată vîscozitatea pe abcisă şi refracţia pe ordonată. La locul de contact mergînd pe curba respectivă găsim indicate la partea superioară a tabelului,raportul dintre serine (serum-albumine) şi globuline (serum-globuline).

Această determinare nu se poate executa în cazul nefrozei lipoidice.

Cu această ocazie amintim că în plasmă există în mod normal următoarele cantităţi de proteine exprimate în procente :

Fibrinogen : 0,2-0,4%; serum-albumine :4,5-5,5%; serum-globuline 1,5-2%. Deci un total de 7-8 g proteine%. Raportul dintre albumine şi globuline variază între 1,6 şi 2,5.

Indicele refractometric este modificat în stările de şoc anafilactic,unde după Ségale,se observă mai întîi o diminuare în primele ore după şoc ca apoi să ajungă la normal,dar care normal, în cazurile grave,este depăşit. Alte modificări mai apar în astm,urticarie,etc.,fenomene care de fapt se explică tot printr-o stare de şoc.

Refractometria se mai aplică mai ales în ultimul timp în problema neuplasmelor. Mulţi autori amestecînd serul animalelor purtătoare de neoplasme cu ser normal de cal,observă o marcată coborîre a indicelui de refracţie cu excepţia cancerelor de mucoase,care nu produc alterări.

Indicele de refracţie al urinei este cuprins în mod normal între 1,33436 şi 1,33446,iar după alţi autori între 1,3367 şi 1,3465,variaţiile fiind în funcţie de volumul total urinar în timp de 24 ore.

Dispersia luminii.

Dispersia luminii reprezintă descompunerea luminii albe în componentele sale.

Cînd un fascicul de raze paralele şi de o culoare albă,plecat dela o sursă de lumină oarecare,întîlneşte în drumul său o prismă,refracţia care se petrece de această dată nu mai este acompahiată de o simplă devicre,ci se produce un fascicul divergent (dispersia luminii),format din diferite culori,cu unghiuri de refracţie diferite. Cea mai puţin deviată,adică cu unghiul de refracţie cel mai mare este culoarea roşu,iar cea mai mult deviată este culoarea violet. Culorile care se obţin astfel formează un spectru care are succesiv,următoarele culori : roş,portocaliu (orange),galben,verde,albastru,indigo şi violet (rogvaiv).

Spectrul solar a fost studiat pentru prima dată de Newton,care a descompus şi recompus lumina. Această descompunere în şapte culori este un procedeu rapid şi simplu de descriere,căci în realitate,culorile succesive se suprapun unele peste altele,aşa că trebuie să considerăm fasciculul de lumină albă ca o suprapunere (supreczi-

ţie) a unei infinităţi de radiaţiuni simple sau monocromatice. Dovada acestui lucru a fost făcută tot de Newton, care, amestecînd la un loc pudre din cele 7 culori, a obţinut culoarea albă, iar Musschenbroeck face acelaşi lucru cu ajutorul unui disc ce prezenta nişte benzi (sectoare) în culorile spectrului şi pe care îl învîrtea foarte repede. Lumina ce mai poate recompune dacă se dispune lîngă prisma care a descompus lumina, o a doua prismă de aceeaşi natură, cu acelaşi unghi refringent, dar dispusă în sens invers primei. Tot o recompunere se capătă dacă pe o oglindă sferică concavă, primim fasciculul de radiaţii divers colorate ce ies din prismă.

Care este cauza descompunerii şi recompunerii luminii ? Conform teoriei moderne asupra luminii, se ştie că aceasta este o radiaţie ce are mai multe lungimi de undă cuprinse între 0,8 şi 0,4μ. Ori cum am văzut că refracţia depinde de lungimea de undă, înseamnă că fiecare radiaţie cînd întîlneşte mediul mai dens al prismei decît cel al aerului, se va refracta după un unghi diferit, de unde rezultă dispersia luminii.

Dacă în dreptul fiecărei culori căpătate astfel, mai aşezăm cîte o prismă, observăm că aceste culori nu se mai descompun mai departe. Zicem că sînt aşa dar, culori simple sau monocromatice, căci oricît le-am trece printr-o prismă ele nu se mai desfac. Lumina fiecărei radiaţii în parte, este o lumină monocromatică.

Ca aplicaţie a studierii spectrelor, avem spectroscopia care se ocupă cu studiul diverselor spectre. Aparatele cu care se obţine dispersia luminii şi cu care se studiază diversele spectre, sînt numite spectroscoape.

Spectroscoapele sînt de două feluri : obişnuite şi liniare (cu viziune directă).

Spectroscopul obişnuit are patru părţi componente principale şi anume :

- un colimator care ne permite transformarea unui fascicul divergent aşa cum este emis de o sursă (S) într-un fasciculul paralel. Pentru aceasta este format dintr-un tub metalic prevăzut la un capăt cu o lentilă convergentă acromatică şi la capătul opus şi anume, în planul focal al lentilei, are un perete opac prevăzut cu o deschidere (fantă)

du-l apoi cu timpul cît luminează în aceleaşi condiţii soluţia cu diluţia etalon;

- diluînd soluţia de cercetat pînă nu mai apare banda caracteristică, limita vizibilităţii acestei benzi fiind determinată prin experienţe prealabile.

Bineînţeles că niciunul din aceste procedee nu este perfect datorită prezenţei în soluţii a altor săruri străine care modifică mult sensibilitatea.

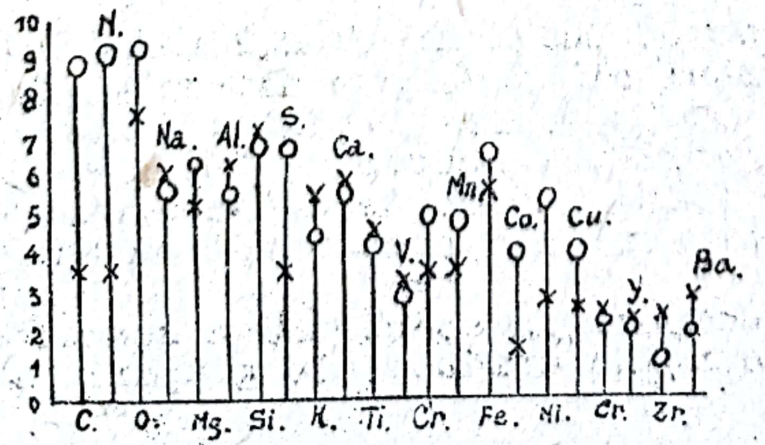
Pentru spectrele de absorbţie, analiza cantitativă se poate face prin două procedee : spectronefelometric şi spectro-fotometric, metode care vor fi studiate aprofundat la capitolul fotometriei.

Aplicaţii.

Spectroscopia are aplicaţii foarte întinse în multe domenii, cum ar fi :

- Cele din chimie care au dus la descoperirea unei mulţime de substanţe cum ar fi : caesiul, rubidiul, thaliul, galiul, germaniul, metalele rare şi unele gaze nobile ca argonul şi heliul.

- Cele din astronomie, unde se pot studia spectrele diverşilor aştri. Pe noi ne interesează numai spectrul solar. Am văzut că spectrul solar este brăzdat de o mulţime de linii şi benzi întunecate pentru care Kirchoff a propus următoarea explicaţie: soarele ar fi constituit dintr-un sîmbure incandescent (fotosfera) şi care ar da un spectru de emisie continuu. Fotosfera este înconjurată de o atmosferă numită chromosferă cu o temperatură foarte ridicată şi care conţine în stare de vapori majoritatea substanţelor ce se întîlnesc pe suprafaţa pămîntului. Acest fel de a vedea este confirmat prin eclipsele totale ale soarelui cînd e vizibilă doar chromosfera. In figura alăturată se compară numărul de atomi ai diferitelor elemente chimice din scoarţa pămîntului (x) şi cele din soare (o). In stînga sînt daţi logaritmii naturali ai cantităţilor relative ale elementelor. De ex. cifra 5 corespunde la 10^5 atomi.



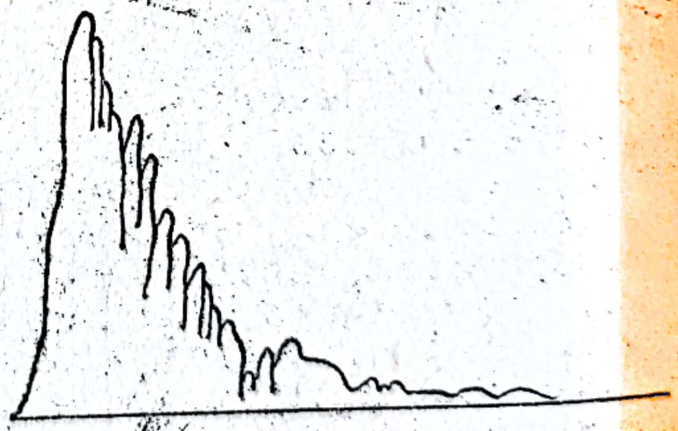
spectrul ultraviolet al soarelui este acoperit pen-

tru observatorul de pe pămînt din cauza ozonului. Rachetele capturate după cel de al doilea război mondial au servit la fotografierea spectrului solar. S-a observat astfel că dela 25 Km. spectrul se prelungeşte în u.v. La 34 km spectrul obţinut se întinde pînă la 280 mμ unde se termină brusc. La 55 km se găseşte o nouă regiune largă a spectrului pînă la cca. 240 mμ; banda întunecată dela 280 rămîne şi corespunde absorbţiei date de vaporii de magneziu. In soare au fost găsiţi nu numai atomi ci şi molecule dintre cele mai simple ca: OH, CN, CaH, H_2, etc

Alte cercetări au dus la concluzia, din analiza intensităţii razelor solare, că soarele ar fi numai în stare de gaz.

Oricare ar fi constituţia solară, din lumina emisă de acesta se absorb în atmosfera gazoasă din jurul lui, tocmai acele radiaţii care caracterizează spectrele gazelor incandescente respective; în locul radiaţiilor absorbite apar în spectrul văzut de noi, liniile lui Frauenhoffer. Dar radiaţiile solare mai pot fi absorbite şi de razele telurice, date din cauza absorbţiei produse de către vaporii de apă din atmosferă, de N, O_2 şi alte gaze rare.

Intr-un spectroscop prost, spectrul solar apare continuu iar curba de repartiţie a energiei este regulată şi lină. Un studiu amănunţit al curbei de distribuţie arată însă că ea prezintă continuu neregularităţi atît în regiunea vizibilă cît şi în cea invizibilă. Aceste neregularităţi sînt urmele liniilor lui Frauenhoffer. In regiunea ultravioletă spectrul solar se întrerupe destul de brusc şi în plus, limita lui variază în tot timpul zilei la ore diferite şi după anotimp. Practic, dela soare şi pînă la noi nu ajung unde cu lungimi mai scurte de 290 mμ căci cele mai scurte fiind absorbite de ozon se găsesc în păturile superioare ale atmosferei cu un maxim la cca. 30 km.



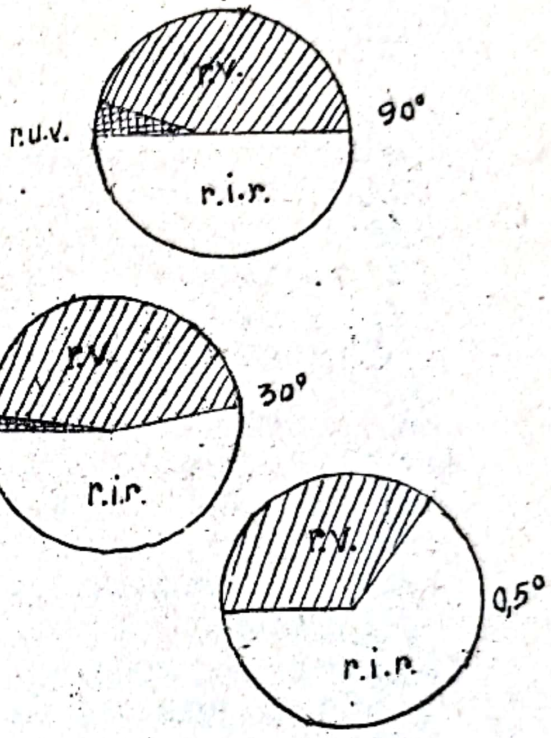
Cercetînd compoziţia spectrală a soarelui, se constată că el conţine următoarele grupuri mari de radiaţii :

- raze infraroşii cu o lungime de undă mai mare de 760 mμ;

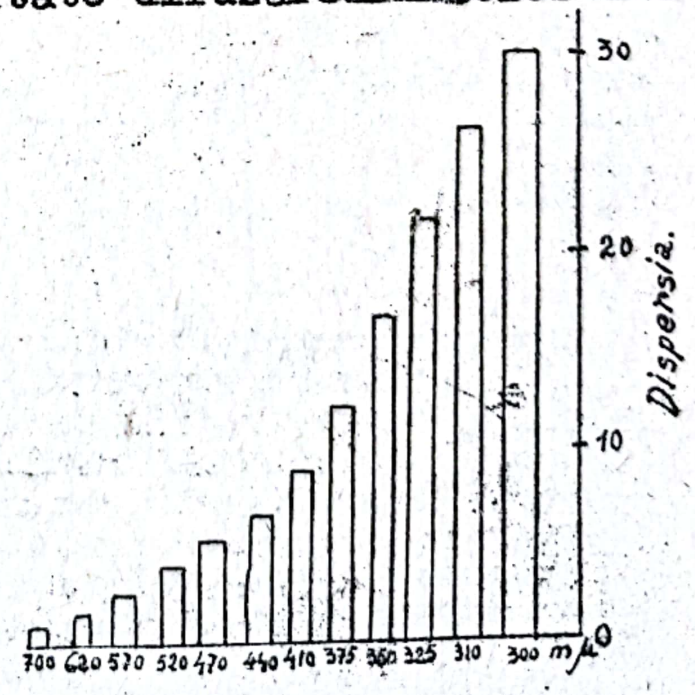
- raze vizibile cu o lungime de undă cuprinsă între 760 şi 390 mμ;

- raze ultraviolete cu o lungime de undă mai mică de 390 mμ.

Compoziţia spectrală a soarelui variază foarte mult în funcţie de poziţia soarelui faţă de orizont. Astfel, cînd soarele este la zenit (90°) razele u.v. reprezintă 4% din valoarea totală a radiaţiilor, razele vizibile 46% iar cele infraroşii 50%. Cînd soarele este la o înălţime de 30°, raportul este respectiv de 3%, 44% şi 53%. Cînd soarele este la orizont (0,5°) razele u.v. aproape că nici nu mai ajung pe pămînt, fasciculul de raze fiind alcătuit din r. vizibile (28%) şi r.i.r. (72%). Deci odată cu creşterea distanţei dela pămînt la soare, se absoarbe componenta ultravioletă care are cea mai mare importanţă biologică. Acest lucru se explică în parte, din cauza difuzării razelor. Ca probă evidentă a variaţiei compoziţiei spectrale a razelor solare avem faptul că la răsărit şi apus, soarele ne pare roşu.



Considerînd ca unitate difuzarea razelor infraroşii, valoarea difuzării celorlalte raze din atmosferă este dată de valorile indicate de tabelul de mai jos, în care se vede că r.u.v. cu cea mai mică lungime de undă din cele care ajung pe pămînt, difuzează de 30 de ori mai mult decît razele roşii.



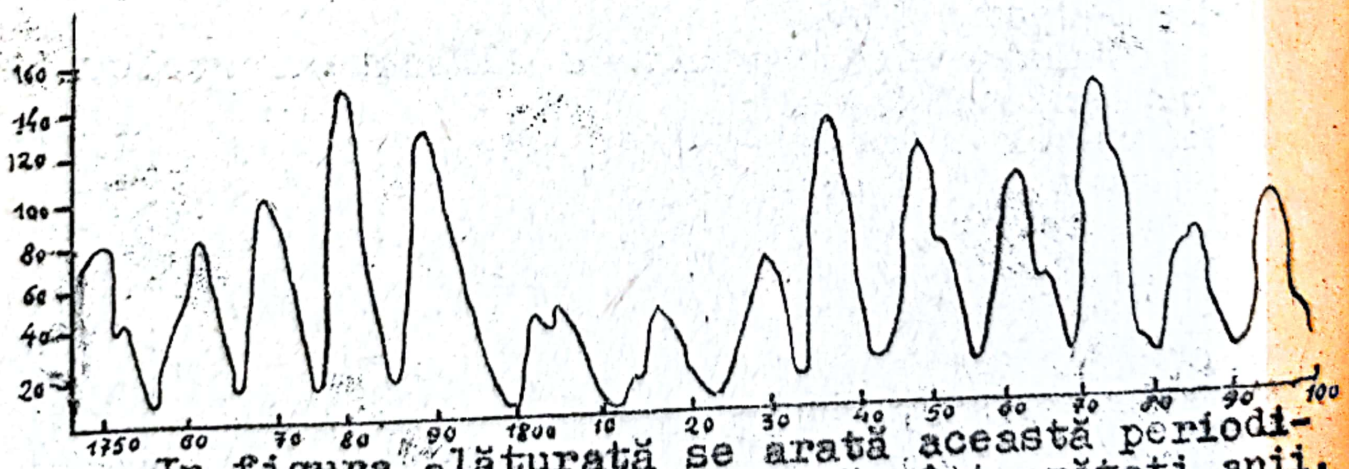
Aşa se petrece fenomenul de difu-

ziune cînd cerul este senin sau cînd particulele difuzante au dimensiuni mici. Dacă aceste particule sînt mari (de exemplu un cer înourat), atunci toate razele independent de lungimea lor de undă, vor difuza în acelaş grad.

Deaceea, în primul caz, cînd se răspîndesc mai ales razele cu lungimi mici de undă cerul ne pare albastru, iar în celălalt caz, alb.

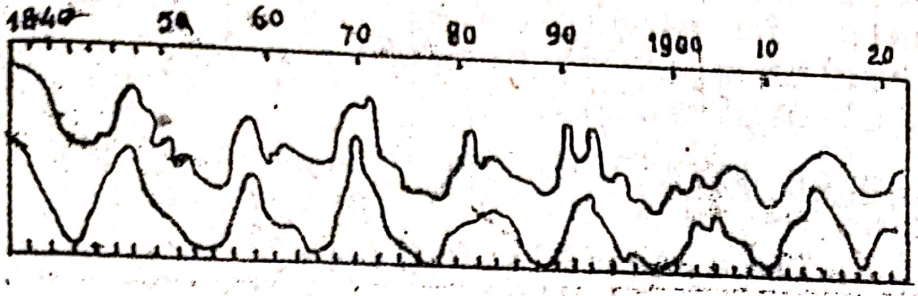
Cu cît cerul este mai înourat şi cu cît particulele de dispersie sînt în cantitate mai mare în atmosferă, cu atît este mai mare şi cantitatea de lumină dispersată. In latitudinea nordică unde numărul de zile senine este relativ mic, radiaţia dispersată este mai mare decît cea directă. Lucrurile se petrec invers în latitudinea sudică unde predomină mai ales lumina solară directă.

Si cu ochiul liber se poate observa că pe suprafaţa soarelui, în special în regiunea ecuatorială, există pete. De exemplu despre existenţa lor ne vorbeşte o cronică chineză cu 28 ani î.e.n. Cercetarea spectroscopică arată că în regiunea petelor se găseşte mai ales H şi vapori de Ca. In jurul petelor se rotesc vîrtejuri gigantice, cicloni, ce constă uneori din particule electrizate. Curenţii electrici ce apar sînt însoţiţi de cîmpuri magnetice uriaşe care produc o modificare a liniilor spectrale. Numărul de pete se schimbă periodic; durata unei perioade este de sproximativ 11 ani.



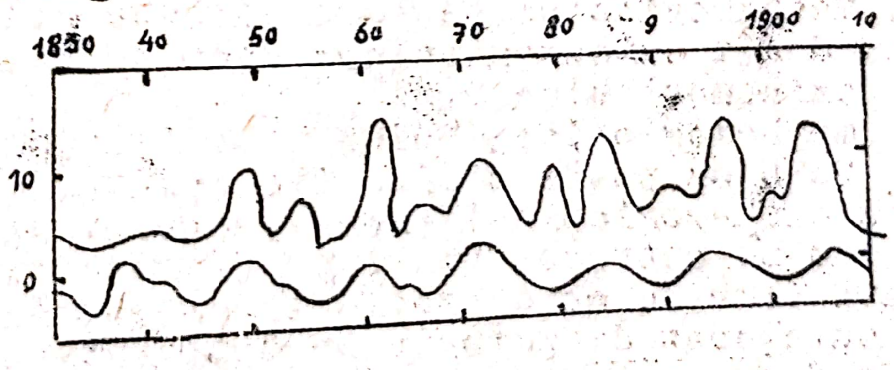
In figura alăturată se arată această periodicitate, în care pe axa orizontală sînt arătaţi anii, iar pe cea verticală numărul relativ al petelor. Cu creşterea numărului de pete creşte şi ionizarea. Curba ce cuprinde o perioadă de cca. 200 ani, ne dă o periodicitate evidentă cu o lege precisă a activităţii solare foarte importantă pentru viaţa pă-

mîntului. Astfel în figura de mai jos se reprezintă o porţiune a aceleiaşi curbe dintre anii 1836-1926 dar care este comparată cu preturbaţiile magnetice de pe pămînt din acelaşi timp (curba superioară). Şi aci paralelismul este evident şi ne arată că între soare şi



pămînt există şi alţi intermediari afară de gravitaţie şi lumină. Astfel, pornesc fluxuri de particule încărcate negativ- electroni- ce sunt deviate în reg. polare de polii magnetici ai pămîntului şi produc variaţii magnetice ale atmosferei terestre, indicate pe figură. Pe de altă parte, pătrunzînd în păturile superioare rarefiate ale atmosferei pămînteşti, electronii care se mişcă foarte repede, fac ca gazele ce se găsesc acolo să înceapă să lumineze. Se explică astfel aurora boreală căci numărul aurorelor boreale în regiunile polare prezintă aceiaşi periodicitate ca şi petele solare şi preturbaţiile magnetice terestre.

Oscilaţiile numărului de pete solare are o enorm de mare influenţă asupra schimbărilor vremii şi prin urmare asupra florei şi asupra tot ce este viu pe pămînt. De ex. în secţiunea unui pin se observă că grosimea inelelor anuale variază într-adevăr cu o periodicitate de 11 ani, urmînd astfel periodicitatea petelor solare. In figura alăturată curba petelor solare dintre anii 1830-1910 este comparată cu curba medie a creşterii arborilor pentru cîteva ţări europene. Şi aci paralelismul este absolut clar deşi tabloul se complică prin acţiunea altor cauze ce nu depind de petele solare. Astfel este incontestabil faptul că aceste pete sînt un factor important pentru viaţa de pe suprafaţa pămîntului.



Dar în afară de perioada de 11 ani a variaţiilor din ionosferă, mai există şi o altă perioadă,

mai scurtă şi care se traduce prin aurorele boreale, furtunile ionosferice şi magnetice care se repetă la intervale de aproximativ 27 zile. Această repetare se explică foarte uşor ţinînd seama că perioada de rotire a soarelui în jurul său este de 20 zile. Deci aceste tulburări apar atunci cînd petele ajung exact în dreptul pămîntului.

Consideraţiuni biologice şi aplicaţii în medicină.

Sîngele aşa cum se găseşte el în organism, conţine un compus numit hemoglobina care ajută la transportul oxigenului, deci la arderile intra-celulare. Dacă se scoate sîngele din vene, în contact cu aerul se oxidează şi dă naştere la oxihemoglobină (OHmb) care este un compus instabil. Dacă vom privi la spectroscop oxihemoglobina, vom observa că ea prezintă un spectru de absorbţie caracteristic şi anume prezintă două benzi întunecate, una în galben şi una în verde, sau mai precis, în dreptul literelor D şi E. OHmb dacă este redusă, adică dacă este tratată cu un reducător ca să piardă oxigenul, cum ar fi sulfura de carbon, se transformă în oxihemoglobină redusă sau hemoglobină redusă (care se deosebeşte de cea care se găseşte ca atare în sîngele circulant). OHmb redusă privită la spectroscop ne prezintă de această dată o singură bandă, însă mult mai lată, dar ceva mai stearsă şi care rezultă din contopirea (combinarea) celor două benzi descrise mai sus. Această bandă este numită banda lui Stookes.

Unul dintre compuşii patologici ai Hmb este methemoglobina, compus în care oxigenul este strîns legat. Methemoglobina se pare că este mai săracă în oxigen decît oxihemoglobina; deci formulele ar fi:

oxihemoglobina: O_2Hb

methemoglobina: $OHHb$

OHHb se poate căpăta fie spontan prin descompunerea oxihemoglobinei expusă aerului mai mult timp, fie cum se petrece "in vivo" (forme toxice) în urma otrăvirilor cu acid azotic şi compuşii săi- nitriţii- sau cu clorat de potasiu în doză toxică. Mai apare şi în forme auto-toxice (în enterite grave, în urma rezorbţiei de nitriţi din intestin). Methemoglobina prezintă benzile caracteristice ale OHmb şi în plus încă o bandă foarte evidentă şi caracteristică în roşu.

Printre compuşii toxicohemici ai Hmb, cel mai important de cunoscut este carboxihemoglobina sau

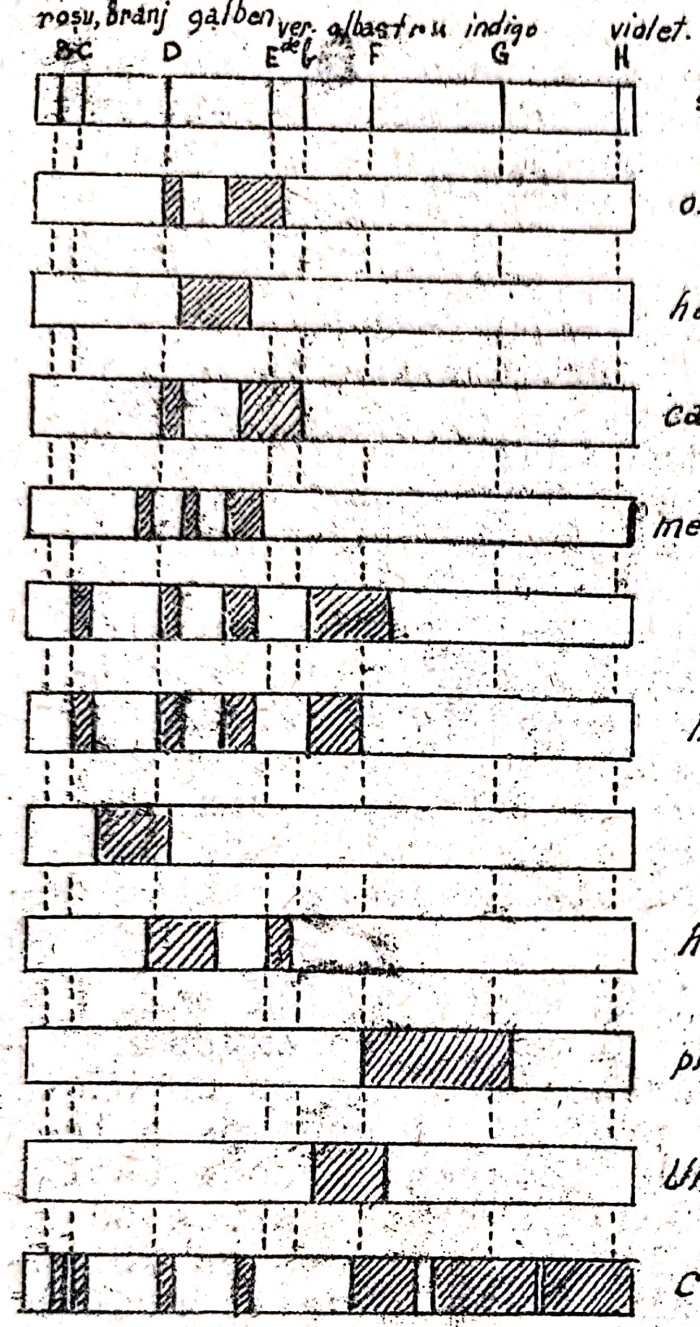
hemoglobina oxicarbonatată, care survine în urma intoxicării prin inspir de oxid de carbon. Carb-OHmb, cu singura deosebire mică că aci marginea oxihemoglobina prezintă tot două benzi negre ca şi stîngă a celei de a doua benzi este situată puţin mai la dreapta şi deaceea pare mai lată. Caracterul net distinctiv este acesta: în timp de OHmb este n compus labil care prin reducere dă banda lui Stookes, carboxihemoglobina nu este redusă de nici un reducător, prezentînd aceleaşi două benzi chiar şi în cazurile cînd cercetările au fost făcute după luni de zile şi cîteodată chiar după ani, fapte care pledează tocmai pentru marea ei stabilitate şi lucru care explică moartea individului; fiind un compus stabil şi oxigenul neputîndu-se elibera la nivelul celulelor, acestea mor prin asfixie intracelulară.

Hemoglobina tratată cu un acid sau cu un alcal se transformă într-o substanţă albuminoidă (globina) şi o hematină acidă sau respectiv alcalină.

Dacă se adaogă un reducător, se obţine spectrul hematinei reduse în soluţie alcalină sau hemochromogenul. Această reacţie spectrală este foarte sensibilă şi este întrebuinţată adesea pentru depistarea urmelor de sînge.

Spectroscopia sîngelui în stare solidă este aplicabilă urmelor de sînge şi este de o extremă sensibilitate. Tehnica (Florence): se ia cu un bisturiu fin cruste sau chiar praf şi se pune pe o lamă. Se adaogă o picătură din licoarea Wirchow (sol. apoasă 30% sodă caustică pură) care nu trebuie să solve crusta. Se pune uşor la un microscop cu obiectiv slab. Se reperează locul unde se găseşte praful aglomerat şi apoi se înlocuieşte ocularul cu un microspectroscop. Obişnuit nu se obţine un spectru cu bande dar puţin cîte puţin (cca. 30') apare o primă bandă obscură între D şi E (λ = 550 la 573) şi se întinde la stînga dela D pînă la E (λ = 595). Atunci apare o nouă bandă la dreapta lui E (λ = 516 la 530). Spectrul ce se obţine astfel este al albuchromogenului. El apare mai repede dacă potasa este impură (potasă cu calciu). Pe lîngă extrema sensibilitate şi faptul că preparatul poate fi păstrat indefinit dacă este păstrat în parafină, metoda mai are avantagiul de a permite izolarea chiar în însăşi preparat a hematiilor şi de a deduce astfel indicaţii relative la originea sîngelui din care este formată

pata de cercetat.



In analiza urinei, spectrul de absorbţie permite decelarea unor substanţe anormale. Substanţa colorantă normală (urochromul) nu dă sub o grosime de 1,5- 2 cm. un spectru particular. Dacă urina conţine sânge, se vor recunoaşte benzile hemoglobinei. Pentru urme de sînge se va căuta spectrul hematinei reduse în sol. alcalină ce se obţine astfel: se adaogă urinei dintr-o eprubetă cîteva picături de leşie de sodiu sau amoniac. Se încălzeşte pînă la 60-80°C. Se răceşte şi se adaugă cîteva răcături de hidrosulfit sodico-zincic. Dacă se formează un precipitat, se adaugă amoniac pînă la dispariţia acestuia. (Reducerea cu hidrosulfit de Na se obţine extemporaneu tratînd 2-3cc bisulfit de Na cu cîteva fragmente de pilitură de zinc). Lichidul

astfel obţinut se examinează cu un spectroscop cu vedere directă şi ne va da cele două benzi ale hemocromogenului.

Dacă urina conţine urobilină ne va da o bandă de absorbţie între verde şi albastru dacă ea este în soluţie acidă.

Instrumente optice măritoare

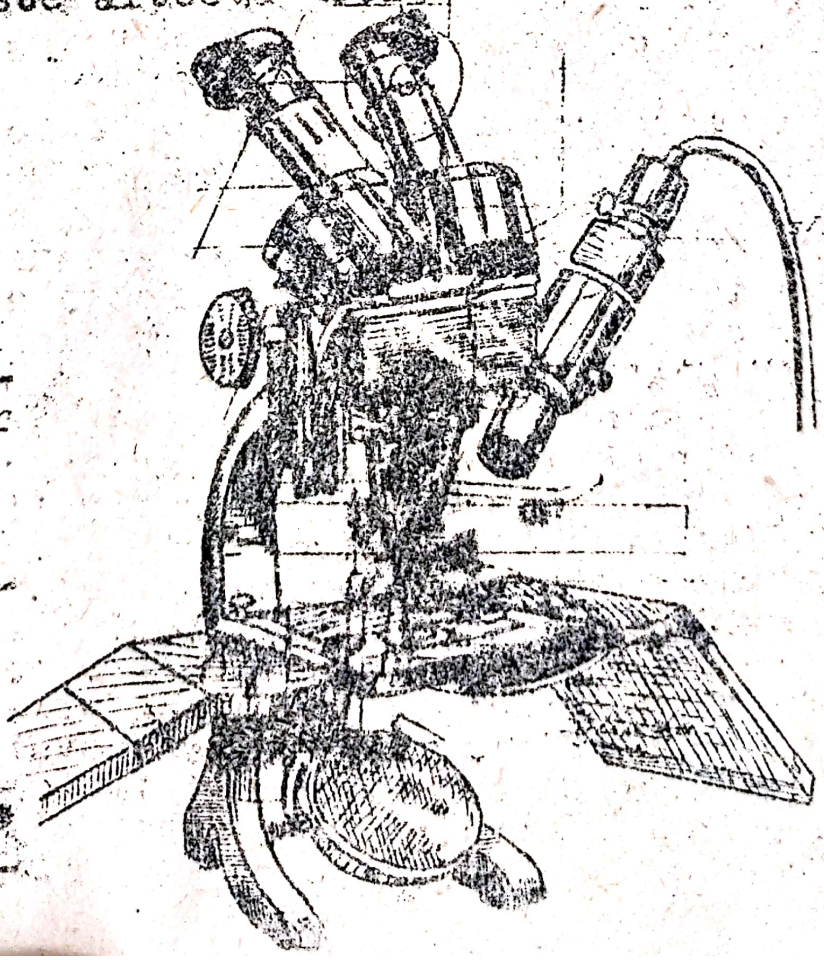
Cu ajutorul ochiului uman se pot vedea numai obiecte la o anumită distanţă şi de o anumită mărime. Pentru a putea vedea bine obiecte mai îndepărtate sau pentru a vedea şi obiecte mai mici decît puterea de rezoluţie a ochiului, ne servim de nişte aparate numite respectiv lunete şi întrumente optice măritoare. In studiul nostru ne vom ocupa numai de acest din urmă grup.

Oricare ar fi acest fel de aparat, nu are la bază decît un sistem de lentile aşejate astfel ca să dea o imagine mult mărită a obiectului de examinat.

Dintre acestea, cele care ne interesează pe noi în medicină sunt lupa sau microscopul simplu şi microscopul compus, numit pe scurt microscop.

Lupa.

Nu este altceva decît o lentilă convergentă, aşa că tot ce s-a spus la lentile se aplică întocmai în cazul lupei. Repetăm doar să spunem că pe măsură ce scade distanţa focală, cu atît lupa este mai convergentă, adică mai puter-



nică. In lentilele puternice focarul nu trece de 15 cm aşa că o lupă poate mări cam pînă la 26 de ori.

Actualmente se construiesc lupe stereoscopice (ce permit vederea în relief) ce au astfel două oculare şi două obiective.

Microscopul compus.

Se pare că microscopul a fost inventat în anul 1590 în oraşul olandez Middelburg de meşterii în fabricarea ochelarilor, Hans şi Zaharia Jansen şi prezentat arhiducelui Carol Albert de Austria. Acest microscop avea doi metri lungime.

Microscopul a fost perfecţionat apoi incontinuu mai ales la începutul secolului al XVIII-lea sub influenţa lui Newton de Loevenhöek, R. Hooke, Huygens, Ramsden, etc.

Microccopul este un aparat optic bazat pe un sistem de lentile cu ajutorul căruia putem observa şi mări obiectele invizibile ochiului liber. Din p.d.v.al mărimii, microscoapele se împart în : mari, mijlocii şi mici. Pe noi ne interesează numai formatul mare (cel obişnuit) deoarece la el se pot adapta o serie întreagă de aparate accesorii ca : aparate de desenat, aparate de polarizat lumina, spectroscoape, aparate de fotografiat, etc.

Oricare ar fi mărimea lui, microscopul este format din două părţi : partea mecanică şi partea optică.

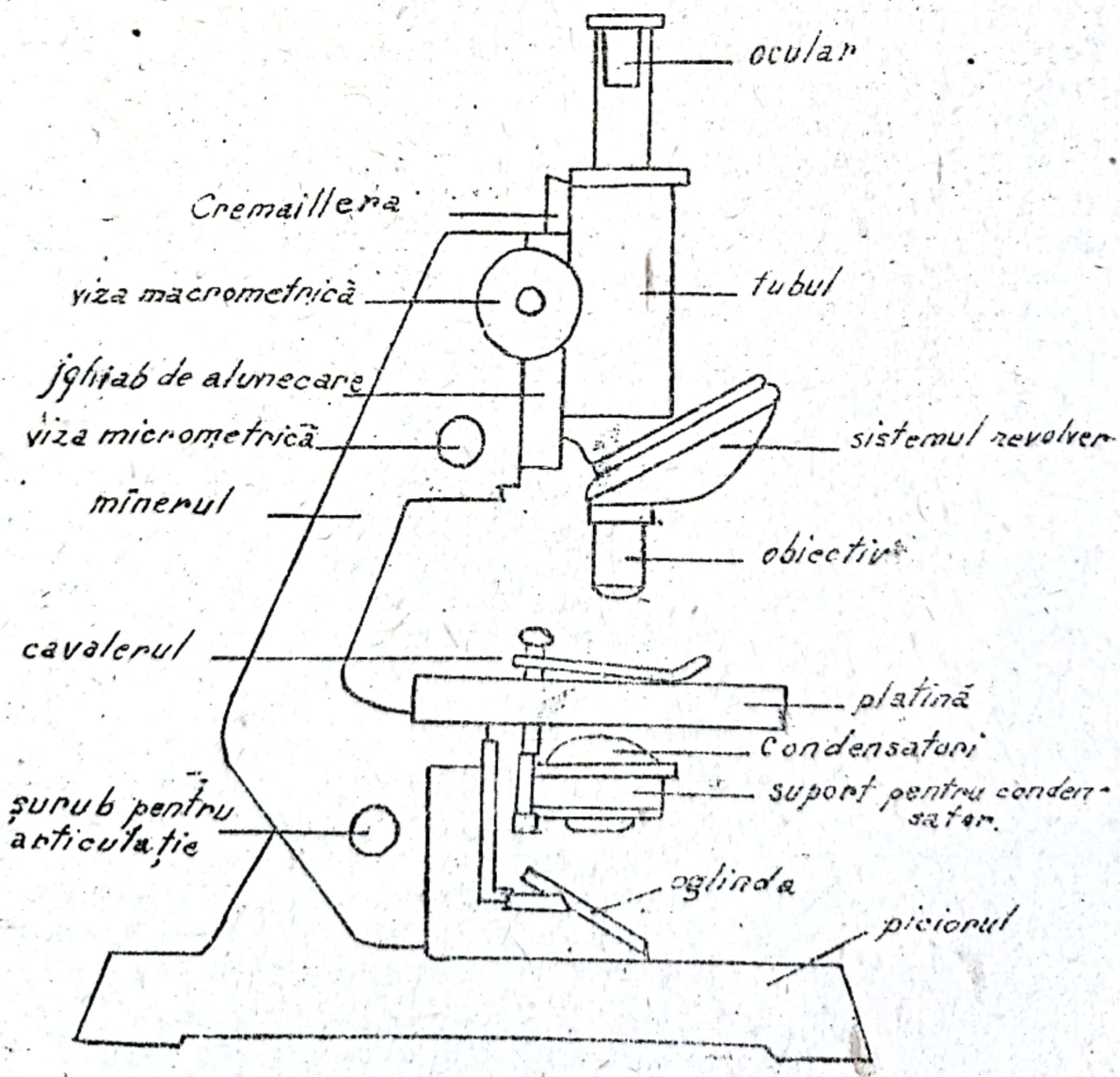
Partea mecanică, la rîndul ei, este formată din:

- piciorul în formă de V sau Y, trebuie să prezinte două calităţi : să fie greu şi cu o suprafaţă cît mai mare de sprijin. Se cer aceste condiţii pentru a asigura aparatului o perfectă stabilitate chiar şi în cazul cînd este inclinat pînă la orizontală, cînd poate fi utilizat pentru proiecţie;
- coloana, mînerul sau pintenul se articulează la partea inferioară cu piciorul, iar la partea superioară are un jghiab vertical (cremalliră), în care se fixează tubul microscopului;
- platina poate fi diferită ca formă (rotundă sau patrată), iar din p.d.v.al mobilităţii, poate fi fixă, turnantă sau mobilă în sens antero-posterior (platină cu cărucior). Platina prezintă la mijlocul ei un orificiu circular sau ovalar ce poate fi micşorat cu ajutorul unui inel metalic. Pe partea ei superioară, platina prezintă doi cavaleţi, suporţi [illegible] ce au ca scop fixarea la-

mei în cîmpul microscopului. Pe părţile laterale ea poate prezenta fie două şuruburi cum este în cazul platinei turnante, fie unul singur cum este în cazul platinei cu cărucior, şuruburi ce au ca scop mişcarea platinei şi prin urmare a lamei care este fixată de platină.

- Sistemul vernier este prezent la unele microscoape şi ne ajută la măsurarea obiectelor microscopice.

- Dispozitivul de punere la punct. Pentru ca imaginea unui preparat să fie vizibilă, trebuie ca obiectul să fie situat între focarul şi centrul de curbură al lentilei obiectiv şi anume să cadă cît mai aproape de focarul principal. Se ajunge la acest rezultat prin mişcarea tubului cu sistemul optic prin ajutorul sistemului de punere la punct ce este format din două şuruburi mari şi două mici, fiecare pereche mişcîndu-se solidar. Prima pereche pentru deplasări mari şi rapide în sens vertical a



tubului,poartă numele de viză macrometrică;a doua pereche,pentru mişcări mici şi reduse,este numită viza micrometrică. Surubul micrometric se găseşte la microscoapele de sistem mai vechi în partea superioară a mînerului,iar la cele mai noi în părţile laterale sub vizele macrometrice,uneori foarte aproape de baza microscopului. Viza micrometrică se mişcă într-un tur complect cu 0,002 mm şi cu o deplasare maximă de 2,4 mm.

- Tubul este format din doi cilindri,unul extern şi unul intern,cel din urmă înnegrit pe faţa interioară pentru a elimina fenomenul de reflexie a luminii,fenomen care ar putea să jeneze observaţia. Tubul are o şină dinţată (cremaliera) ce este acţionată de roata dinţată a vizei micrometrice.

- Sistemul revolver. La partea inferioară a tubului se găseşte sistemul revolver care la rîndul lui,este format din două calote sferice,unite la mijloc printr-un şurub. Calota superioară este fixă şi prezintă un singur orificiu,pe cînd cea inferioară este mobilă în sens turnant,putînd avea două,trei sau patru orificii în care vin să se înşurubeze obiectivele. Sistemul se numeşte revolver deoarece prin rotirea calotei inferioare se aduce succesiv în axul optic al microscopului cîte un obiectiv,întocmai după cum sistemul vechi de revolvere cu butoiaşe aducea rînd pe rînd cîte un cartuş în ţeava revolverului.

Partea optică. Se împarte la rîndul ei în : sistemul de iluminare şi partea optică propriu zisă.

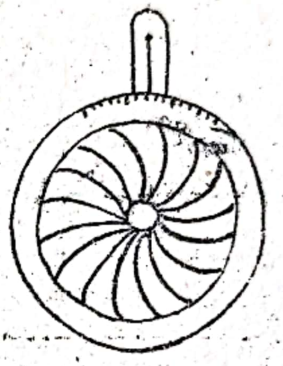
1.Sistemul de iluminare este format din :

- oglinda ce se găseşte aşezată la partea inferioară a microscopului sub platină şi este de formă circulară şi mobilă în două planuri datorită unui sistem cardanic. Oglinda prezintă două feţe,dintre care una plană şi alta concavă.Faţa plană serveşte pentru cazul cînd lucrăm cu sursa de lumină naturală (soarele)şi cu condensator,iar faţa concavă este folosită cînd lucrăm fără condensator,sau cînd sursa de lumină este depărtată de oglindă,sau cînd sursa luminoasă fiind prea slabă,nu este luminat tot cîmpul microscopului în mod egal.

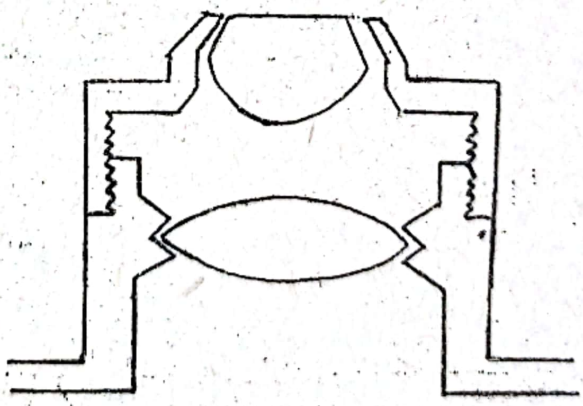
- Sticla colorată care serveşte pe de o parte

la micşorarea intensităţii luminoase, iar pe de altă parte fiind colorată în albastru (sticlă de cobalt) serveşte la precizarea detaliilor de culori (culoarea albastră este culoarea ideală pentru ochi în ce priveşte deosebirile de nuanţe) şi la absorbţia unei părţi din căldura radiată de lampă (a razelor roşii).

Diafragmul are rolul de a strîmta conul luminos care emană dela oglindă, astfel ca să aibă acelaşi unghi de deschidere ca cel al obiectivului. Un con luminos mai mic decît cel al obiectivului face să apară o imagine cu detalii cît mai fine de structură. Diafragmele pot fi simple discuri metalice cu diametre variabile, sau pot fi diafragme iris, formate din lamele semicirculare metalice, imbricate între ele şi putînd circumscrie un orificiu mai mare sau mai mic, întocmai ca şi irisul uman. La unele microscoape, diafragmul iris se găseşte sub condensator, fixat în montura lui, sau la altele mai perfecţionate se poate îndepărta lateral de sub axa microscopului.



- Condensatorul este format în mod obişnuit din două lentile (rar din trei), dispuse într-o montură metalică şi care se pot introduce pe dedesupt într-un manşon dela faţa inferioară a platinei. Pe acest manşon se găsesc situate sticla coloratăă, diafragmul iris şi condensatorul.



Condensatorul de tip obişnuit are cele două lentile dispuse şi formate astfel : cea superioară (lentila frontală) este planconvexă ; plană la partea superioară şi convexă pe faţa inferioară ; cea inferioară este biconvexă. Pentru obiectivele mai puternice, condensatorul se apropie de obiectiv iar pentru cele mai slabe se îndepărtează.

Condensatorul a fost inventat de Brewster în 1820.

- Sursa de lumină deşi nu este o parte in-

trinsecă a microscopului, este însă absolut necesară. Cea mai bună sursă de lumină este cea naturală în cazul în care cerul este acoperit în mod uniform de nori albi, cînd avem de studiat obiecte opace sau în microfotografii. Lumina naturală fiind însă foarte variabilă ca intensitate, se preferă lumina artificială a becului electric, care este perfect constantă. Pentru a căpăta o lumină artificială cît mai apropiată de lumina zilei, vom interpune între sursa de lumină şi microscop, sau un balon plin cu apă distilată, sau mai bine, o soluţie amoniacală de sulfat de cupru. Balonul joacă rol de lentilă convergentă.

2. Partea optică propriu zisă, este formată din: sistemul ocular şi sistemul obiectiv.

- Sistemul ocular este situat la partea superioară a tubului microscopic.

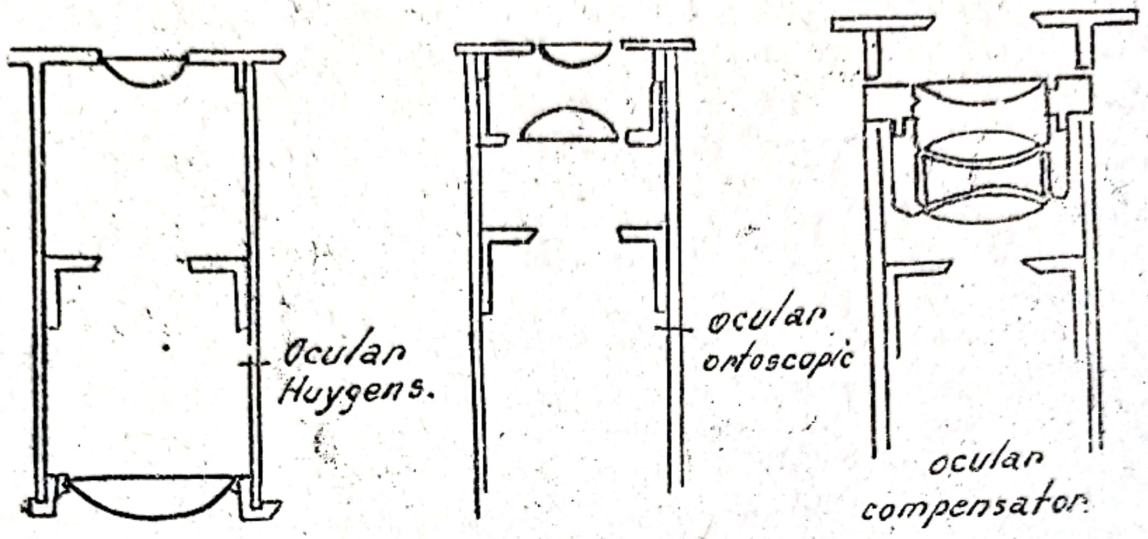
Sînt trei tipuri de ocular: ocularul obişnuit (Huygens), ocularul ortoscopic (Ramsden) şi ocularul compensator.

Ocularul Huygens este format din două lentile plan-convexe, ambele cu convexitatea îndreptată în jos. Lentila inferioară mai mare, este numită lentila de cîmp, colectoare sau colimatoare; are influenţă directă asupra imaginii date de obiectiv (deci face parte din sistemul obiectiv). Restrînge această imagine, o face mai luminoasă, plană şi o proiectează în mijlocul tubului ocular, unde de altfel se găseşte un diafragm circular care limitează cîmpul optic. Lentila superioară sau oculară propriu zisă funcţionează ca o simplă lupă, dînd o imagine la distanţa de 25 cm de ochi (vederea distinctă). Distanţa (D) dintre cele două lentile (f' şi f") este astfel încît :

$$D = \frac{f' + f''}{2}$$

Ocularul Ramsden este format tot din două lentile plan-convexe situate însă la partea superioară a tubului ocular, şi privesc faţă în faţă cu convexităţile lor. Focarul lor este în afara ocularului, iar distanţa care separă cele două lentile este egală cu distanţa focală a fiecărei lentile în parte. Deci $D = f' = f''$. Imaginea dată de acest ocular se formează tot în planul diafragmului situat sub lentilă. Ocularul ortoscopic se întrebuinţează cînd vrem să căpătăm o imagine oculară mai mare, cu un cîmp de diametru mai mare sau cînd vrem să facem desene microscopice.

Ocularul compensator este format din mai multe lentile care au rolul de a compensa apariţia diverselor culori simple, ce apar cînd lucrăm cu obiective puternice.



Ca perfecţionări aduse ocularului citäm :

- Ocularele indicatoare ce sînt prevăzute cu un ac ce poate fi deplasat lateral şi în afară. Vîrful acului se găseşte în planul diafragmului ocularului şi are rolul ca să se poată arăta orice punct al imaginii microscopului asupra căruia vrem să atragem atenţia unui observator.

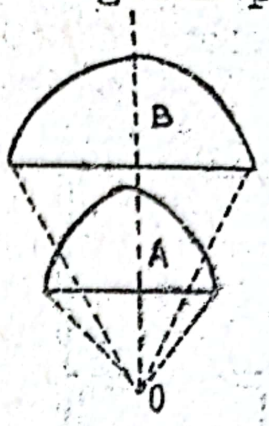
- Ocularele duble cu indicator. Acestea au un tub în formă de T şi două lentile oculare cu un sistem de prisme astfel dispuse încît permit ca doi cercetători să examineze simultan imaginea microscopică.

- Ocularele inclinate ce permit observări fără a fi forţaţi să ne ridicăm deasupra microscopului şi a privi astfel în jos.

Sistemul obiectiv sau obiectivul, este partea cea mai importantă a microscopului, deoarece de el depinde în primul rînd calitatea imaginii. Obiectivul este un sistem optic format din mai multe lentile, dispuse într-o anumită ordine într-un tub metalic şi care se înşurubează la partea inferioară a tubului, pe calota inferioară a sistemului revolver.

Lentila inferioară, numită lentila frontală, este plan convexă, avînd faţa plană întoarsă spre obiect. Celelalte lentile aşezate deasupra ei, formate din asociaţii de lentile biconvexe sau plan-convexe, servesc doar la corijarea imaginii dată de lentila frontală. Puterea de mărire a lentilei fron-

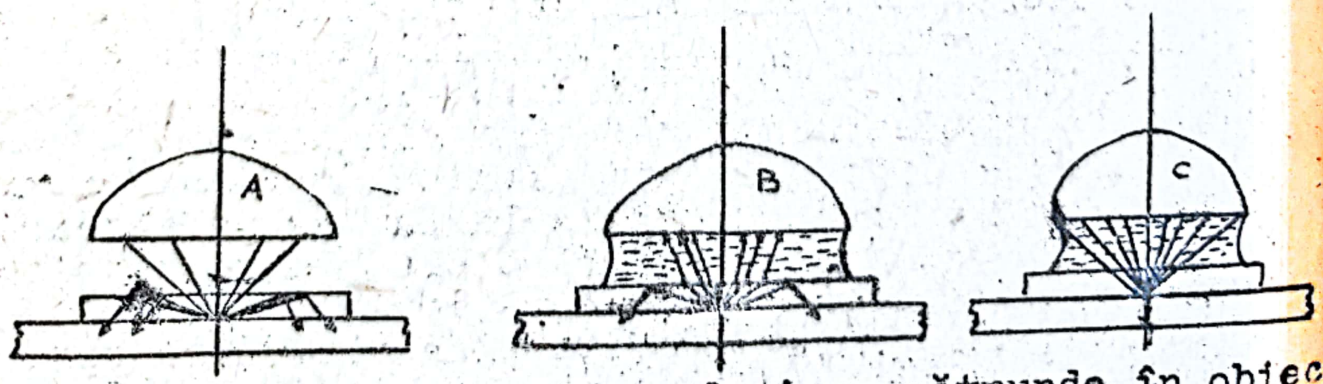
tale este cu atît mai mare cu cît unghiul de deschidere este mai mare, adică cu cît unghiul pe care-l formează razele luminoase extreme care plecînd dintr-un punct (o) se corespund cu obiectul, pătrund în lentilă. Cu cît curbura lentilei este mai mare, cu atît şi acest unghi va fi mai mare. Si cu cît diametrul unei lentile este mai mic, cu atît puterea de mărire este mai mare.



Puterea măritoare a unui obiectiv este trecută pe fiecare obiectiv în parte şi marca Zeiss o indică cu cifre arabe : 7, 1o, 4o, 6o, 9o. Deci un obiectiv poate mări un obiect de atîtea ori. Pentru a afla puterea măritoare totală a unui microscop, se înmulţeşte puterea măritoare a ocularului cu cea a obiectivului.

In afară de puterea lor măritoare, obiectivele se mai pot împărţi în uscate şi umede (sau cu imersie).

Obiectivele uscate sînt acelea care au spaţiul dintre lamă şi lentila frontală liber, adică între ele două se găseşte un volum oarecare de aer. La obiectivele cu imersie acest spaţiu este acoperit de un lichid cu un indice de refracţie egal sau cît mai apropiat de cel al sticlei. Să vedem care este rostul obiectivelor cu imersie. La obiectivele uscate, o mare parte din fasciculul luminos ce emană dintr-un punct (o) dat de condensator va suferi fenomenul de reflexie totală din cauza oblicităţii sub care cad razele de lumină faţă de lamă. Numai



o parte din conul luminos deci va pătrunde în obiectiv, restul fiind pierdut pentru formarea imaginii. Dacă vom întrebuinţa obiective anume construite pentru a introduce între lamă şi lentilă apă ce are un

indice de refracţie apropiat de al sticlei (n=1,33) numai razele marginale vor suferi fenomenul de reflecţie totală, iar conul luminos va fi mult mai mare(B). Dacă vom întrebuinţa obiective congtruite pentru a introduce olei de cedru ce are un indice de refracţie egal cu cel al sticlei (n=1,515) nu numai reflecţia totală ci şi refracţia va fi complet suprimată. Toate razele emise de punctul (o), oricare ar fi oblicitatea lor, dacă au ajuns pe lentila frontală, ajung în microscop (C). Aceste obiective pe lîngă puterea de mărire considerabilă, dau imagini cu mult mai luminoase şi în plus, detaliile de structură devin cu atît mai evidente, cu cît unghiul de deschidere este astfel mai mare.

Deoarece unghiul de deschidere variază astfel după natura mediului interpus între lamelă şi lentilă, înseamnă că el nu ne poate da măsura puterii măritoare a obiectivului. De aceea Abbe a introdus termenul de apertură numerică, termen care ne arată maximu de lumină pe care un obiectiv este în stare să o primească şi să o întrebuinţeze la formarea unei imagini. Această apertură se deduce din jumătatea sinusului de deschidere a conului luminos, înmulţită pentru sistemele cu imersie cu valoarea indicelui de refracţie a lichidului interpus între lamelă şi lentila frontală. Deci ea se exprimă prin ecuaţia:

$$a = n.\sin u$$

formulă în care a=apertura numerică; n=indicele de refracţie a mediului interpus; sin u= sinusul jumătăţii unghiului de deschidere.

Pentru toate obiectivele uscate, a este mai mic decît unitatea deoarece indicele de refracţie al aerului este 1 şi pentru că sinusul jumătăţii unghiului de deschidere a tuturor obiectivelor uscate şi umede este practic inferior lui 1 şi cum aci n=1, înseamnă că a=sin u.

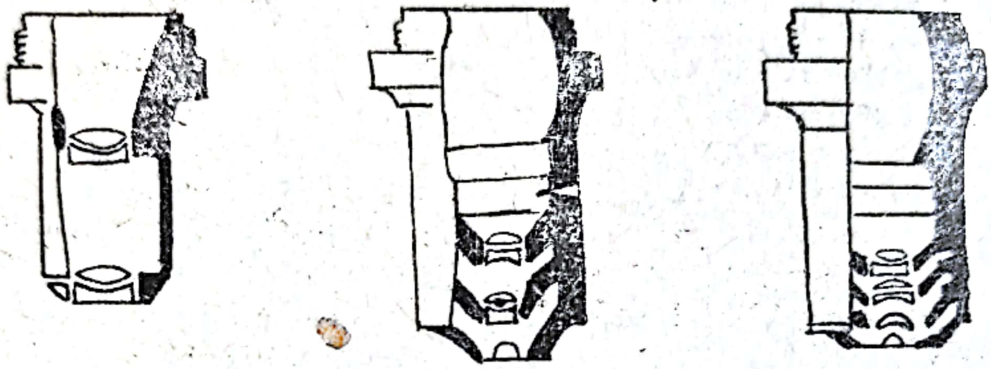
Pentru sistemele cu imersie, a este egal cu o cifră cu atît mai apropiată de aceea a lui n, adică superioară lui 1, cu cît unghiul de deschidere al obiectivului este mai mare. De ex. dacă avem trei obiective cu acelaşi unghiu de deschidere de 140°, unul funcţionînd ca sistem uscat, altul cu imersie cu apă şi altul cu imersie omogenă, ele avînd pentru jumătatea unghiului de deschidere (70°) un sinus de 0,94, avem:

pentru obiectivul uscat: a = 1.0,94 = 0,94

" " cu apă: a = 1,33 . 0,94 = 1,25

pentru obiectivul cu ulei: a = 1,51 . 0,94 =1,42
Mai trebuie de specificat că pentru o aceiaşi putere măritoare, claritatea imaginii creşte cu pătratul deschiderii pentru că intrînd mai multe raze pot apare astfel mai multe puncte (detalii) în preparatul nostru microscopic.

Obiectivele acromate au corijată aberaţia de sfericitate pentru o singură culoare, iar obiectivele semi-apocromate se întrebuinţează cu oculare compensatoare.



Obiective cu corecţie. Pentru obiectivele uscate puternice are o mare importanţă grosimea lamelei. Aceste obiective sînt corijate pentru o refracţie produsă de lamele de o grosime în general de 170μ. Dacă se întrebuinţează lamele mai groase sau mai subţiri, nu se obţin imagini bune. Pentru a compensa acest inconvenient, se utilizează proprietatea pe care o posedă îndepărtarea lentilelor şi anume, pentru corijarea deformaţiei datorită grosimei lamelei se utilizează obiective prevăzute cu un inel de corecţie care poate deplasa după nevoie lentila superioară, îndepărtînd-o astfel de lentilele inferioare. Inelul poartă diviziuni, fiecare diviziune corespunzînd la o deplasare de 1/100 dintr-un milimetru.

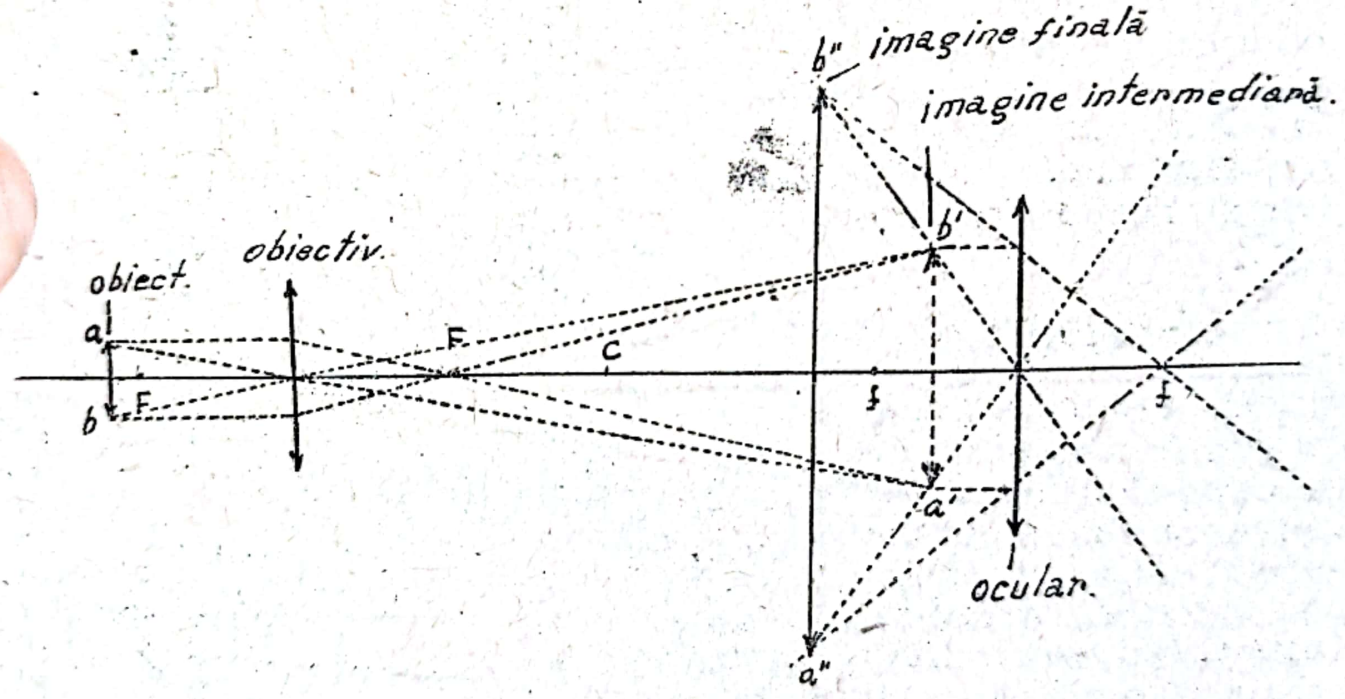
Lichide de imersie. Ca lichide de imersie se utilizează: apa (1,33), uleiul de cedru (1,515), uleiul de ricin oficinal, benzoatul de metil (1,517), parafina lichidă (1,470) la care se poate adăoga α-brom-naftalină (1,656), mono-brom-naftalina (1,656) ce se utilizează numai cu lamele de flint. Sînt şi produse sintetice ca: polimer 6 metilstiren sau polimetilstiren (1 p. la 8 p. ulei de ricin) produs

cunoscut sub numele de poliric.

Formarea imaginei în microscop. Am văzut că într-o lentilă convergentă nuami în două cazuri imaginea este mai mare decît obiectul, în toate celelalte fiind mai mică sau neputîndu-se forma. Deaceea în microscopie unde avem nevoie de imagini mărite, ne vom folosi tocmai de aceste cazuri şi anume:

- Pentru ca lentila obiectiv să ne dea o imagine cît mai mare, vom aşeja obiectul de examinat între focarul lentilei şi centrul de curbură şi anume cît mai aproape de focar, căci cu cît obiectul este mai aproape de focar, cu atît imaginea va fi mai mare. Vom căpăta astfel o imagine mult mărită, reală şi răsturnată.

- Pentru lentila ocular, deoarece această imagine nu poate să mai cadă tot între centrul de curbură şi focarul lentilei, căci în acest caz imaginea s-ar for-



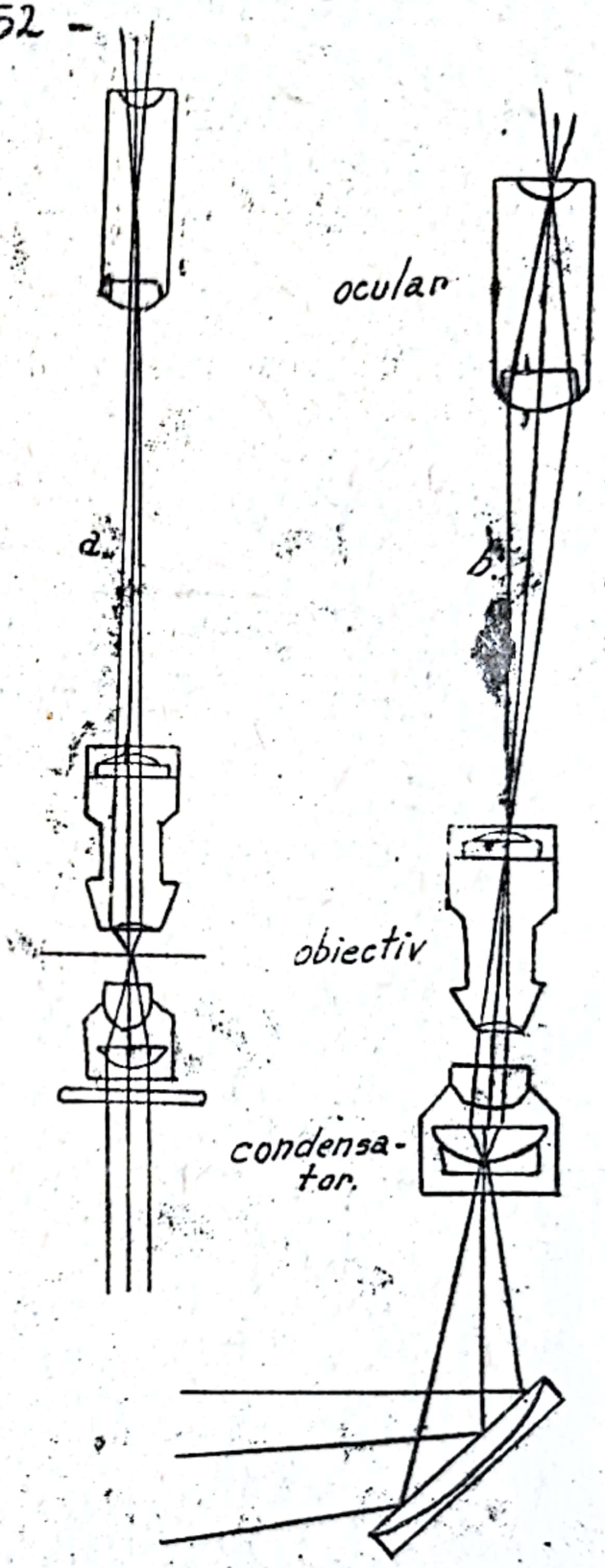
ma în spatele nostru şi nu am putea-o vedea şi pentru a mări totuşi şi mai mult imaginea dată de obiectiv, vom plasa această imagine care serveşte de astă dată drept obiect, între focarul şi centrul optic al lentilei ocular, căpătînd astfel o imagine şi mai mult mărită, virtuală, dreaptă şi fiind aşejată de aceiaşi parte, o vom putea vedea.

- Faţă de obiect, imaginea finală obţinută astfel este mult mărită, răsturnată şi virtuală.

- Desigur însă că în realitate lucrurile nu se

petrec chiar atît de simplu, deoarece trebuie să ne gîndim că nu avem de-a face cu simple lentile, ci cu sisteme de lentile aşa că fiecare din ele dă cîte o imagine.

Prezentăm alăturat mersul razelor şi formarea imaginii aşa cum sînt ele în realitate. In figura (a) arătăm razele ce traversează un punct al obiectului aşezat în planul focal anterior a microscopului iar în (b) prezentăm razele ce limitează cîmpul microscopic.

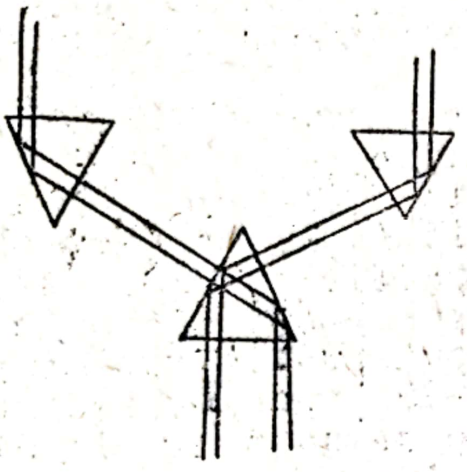


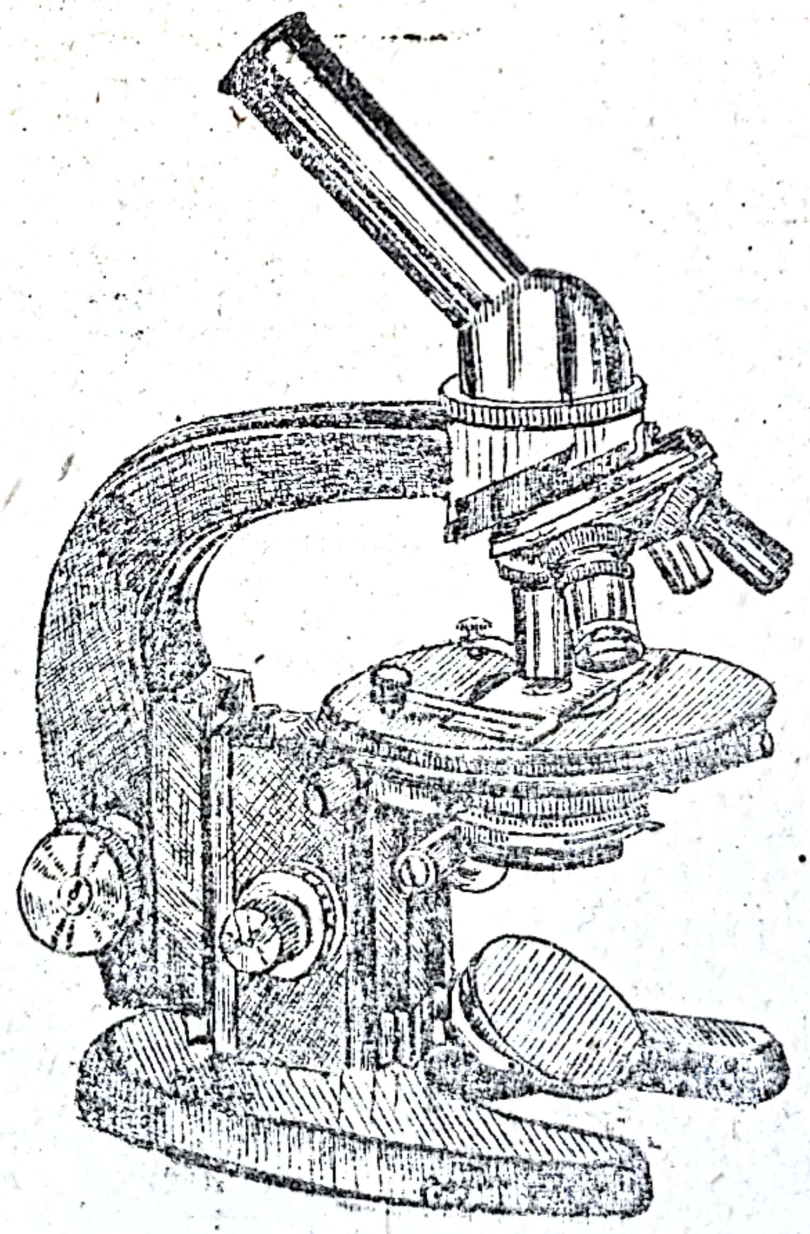
Microscoape binoculare. Pe lîngă microscopul descris pînă în prezent (monoobiectiv şi monoocular) în care examinarea este lipsită de aprecierea grosimii şi a reliefului obiectului de examinat, mai sînt şi alte microscoape care permit tocmai aceste lucruri datorită unor sisteme oculare duble, obiective duble, sau amîndouă duble, microscoape în care examinarea se apropie de normal.

Microscopul binocular monoobiectiv. El ne dă o imagine care este privită cu ambii ochi deoarece imaginea este împărţită în cele două oculare printr-un sistem de prisme. Acest sistem de microscop este redresor, adică ne dă o imagine dreaptă. In acelaşi timp prezintă şi avantajul că examinînd cu ambii ochi, se permit astfel cercetări îndelungate

fără ca ochiul să oboseaască.

Microscopul binocular biobiectiv. Este constituit din două sisteme optice, adică cu două oculare şi două obiective. Se capătă o imagine stereoscopică şi dreaptă ce serveşte pentru disecţii sau orice alte manipulări microscopice. Sistemul ocular se găseşte în ambele aceste sisteme de microscoape, de obicei inclinat faţă de axa obiectivelor care este perpendiculară pe obiect. Această inclinare a sistemelor oculare serveşte la o mai mare comoditate în examinări.





Scanned with OKEN Scanner

Calităţile unui microscop. Datorită tehnicii moderne atît de avansată, microscoapele au ajuns la un grad de perfecţionare atît de mare, încît aproape nu li se mai poate aduce teoretic nici o perfecţionare.

Un microscop ca să fie bun trebuie să îndeplinească următoarele calităţi :

- Puterea măritoare (grosismentul), adică raportul dintre mărimea imaginii (I) şi mărimea obiectului (O) ce ne dă imaginea, să fie cît mai mare.

- Puterea separatoare sau rezolvantă, este distanţa liniară minimă dintre două puncte vecine pe care le putem vedea la corpul de studiat. Pentru ochiul uman, unghiul minim este de un minut la distanţa de 25 cm. Însăşi natura luminii care este constituită din radiaţii cu lungimi de undă bine determinate, face ca imaginile a două puncte prea apropiate, să nu apară sub forma de puncte matematice, ci sub formă de pete strălucitoare în centru, înconjurate de cercuri concentrice de difracţie unele obscure, altele clare, cu intensitate ce descreşte spre periferie chiar atunci cînd sînt date de cel mai perfecţionat sistem optic. Aceasta se datoreşte interferenţei între fasciculele de lumină care străbat preparatul între detaliile lui de structură fină. Dimensiunile petelor şi a cercurilor sînt proporţionale cu lungimea de undă a radiaţiilor corespunzătoare. Dacă cercurile provin din radiaţii roşii, vor fi mai late, iar dacă provin din radiaţii violete vor fi mai înguste. Dacă cercurile sînt prea largi faţă de intervalul sau spaţiul care separă două linii, imaginile vor fuziona şi în loc de două imagini vom vedea una singură. Se deduce logic deci că pentru a mări distanţa de separaţie dintre două detalii din imaginea trebuie ori să întrebuinţăm o lumină cu o lungime de undă mai scurtă pentru a strîmtora cercurile de difracţie, ori un sistem obiectiv cu o apertură numerică mai mare pentru a mări distanţa dintre petele centrale.

Un ocular mai puternic nu va fi de nici un folos deoarece prin mărirea distanţei de separaţie se amplifică atît cercurile de difracţie cît şi aberaţiile optice ale obiectivului iar imaginile vor fi cu atît mai difuze. Ocularul ca şi o lupă a mărit imaginea cu toate calităţile şi insuficienţele ei aşa cum a fost proiectată de obiectiv, aşa că pentru a vedea imaginea cît mai clar şi cu cît mai multe de-

talii de structură nu trebuie să recurgem la un ocular puternic pentru a amplifica imaginea dată de obiectiv ci să schimbăm sistemul obiectiv cu un alt sistcm cu apertură numerică mai mare.

Am văzut că pentru a mări puterea rezolvantă se poate întrebuința o lumină cu o lungime de undă mai mică. Obiectivele monocromatice nu converg razele de lumină într-un punct decît pentru o lungime de undă determinată, aşa că se construiesc astfel de obiective monocromatice care coboară puterea rezolvantă pînă la 0,25 μ întrebuinţînd raze ultraviolete a căror lungime de undă este cuprinsă între 0,275 şi 0,280 μ

. Apertura numerică este de 1,30 dar graţie r. u.v. puterea rezolvantă ar putea fi comparată cu aceea a unui obiectiv ordinar ce ar avea o apertură numerică ipotetică dublă : 2,60. Partea optică a microscopului în acest caz, este de cuarţ topit, corijarea lentilelor făcîndu-se numai pentru aberaţia de sfericitate, deoarece lumina monocromatică nu are nici o influenţă asupra aberaţiei de refrangibilitate.

Un alt mijloc de a obţine raze cu o lungime de undă scurtă, consistă în folosirea ca lichid de imersie a unui mediu foarte refringent. Razele de lumină cu o singură lungime de undă dacă străbat medii transparente de refringenţe diferite (condensator, lamă, etc.) construite din flint şi un mediu de monobromură de naftalină, îşi vor modifica lungimea lor de undă, devenind cu atît mai scurte cu cît mediul este mai refringent. Aşa că întrebuinţînd ca lichid de imersie monobromnaftalina a cărui indice de refracţie este de 1,66 şi dacă aducem în microscop raze cu o lungime de undă de 0,40 μ puterea rezolvantă a acestui obiectiv ne va permite să distingem striaţiuni depărtate la 0,24 μ . Dar astfel de obiective au dezavantajul că sînt excesiv de scumpe şi nu au o utilitate practică.

Prin urmare posibilitatea de a distinge detaliile unui obiect este în funcţie de puterea rezolvantă a sistemului optic dat. Ea depinde de apertura numerică a obiectivului şi de lumina întrebuinţată, fiind direct proporţională cu apertura şi invers proporţională cu lungimea de undă. Cifra medie a lungimii de undă fiind pentru lumina albă de 0,55 μ un obiectiv cu apertura de 0,65, va avea o putere rezolvantă de : 0,55/0,65 = 0,85, adică avem de-a

face cu un obiectiv capabil să evidenţieze în imaginea obţinută de el, linii paralele, striuri, puncte,etc; care sînt depărtate între ele cu cel puţin 0,85 μ . Orice detalii mai mici, distanţate de ex. la 0,5 μ nu vor putea apare în imagine deoarece această distanţă este sub puterea de rezoluţie.

In condiţiile actuale, unghiul de deschidere neputînd depăşi 140° distanţa minimă între două puncte pentru a putea fi percepute, va fi egal cu 0,55. 1,42 = 0,387 μ.

- Puterea de punctuaţie, adică trebuie să pună la punct o suprafaţă cît mai mare din corpul ce trebuie analizat. De obiceiu obiectul pe care-l privim, este privit clar numai pe o mică porţiune, restul prezentînd reflecţiuni şi irizaţii ce apar în ceaţă.

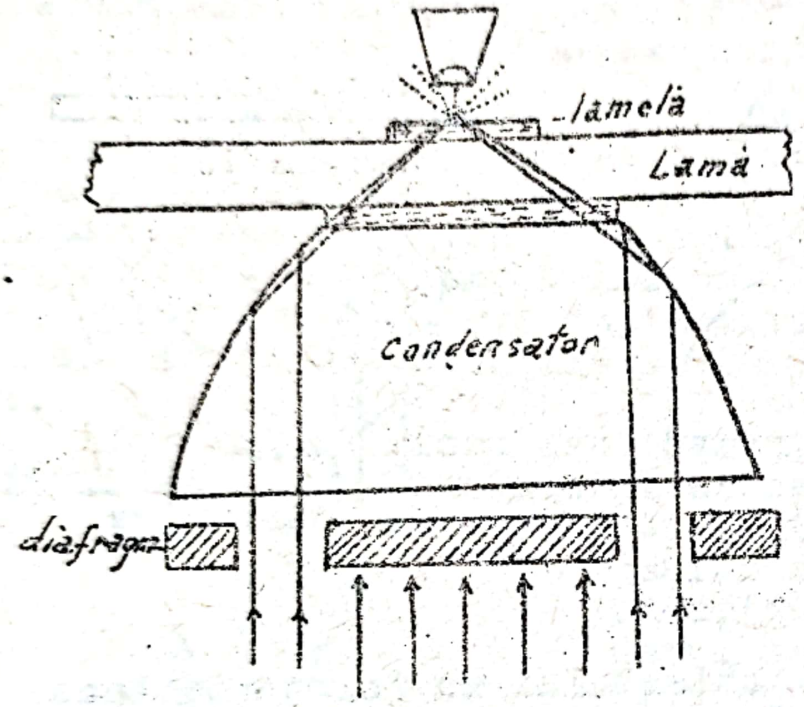
Ultramicroscopul.

Cu ajutorul unui microscop optic, cu cele mai perfecţionate lentile, nu pot fi văzute două puncte sau detalii de structură, decît dacă între ele există o distanţă de cel puţin 0,5 μ . Toate obiectele a căror dimensiuni cad sub această limită (maximum 0,25 μ) şi deci care nu pot fi văzute prin procedeele obişnuite, poartă numele de obiecte ultramicroscopice.

Pentru obiectele mai mici de 0,003 μ s-a imaginat un procedeu numit luminare pe fond negru sau ultramicroscopie, procedeu care este o aplicaţie a fenomenului Tyndall deja descris. Metoda a fost imaginată pentru prima dată de W.Spring dar meritul este atribuit deobiceiu lui Siedentopf şi Zsigmondy care au concentrat într-o soluţie coloidală un fascicul de raze intens luminoase şi primind astfel în microscop razele difractate de corpusculii ce se găsesc în suspensie în soluţia coloidală. Obiectivul microscopului se găseşte chiar deasupra platinei în punctul de convergenţă a razelor. Prin acest procedeu nu pot fi văzute însăşi particulele deoarece rămîn tot sub limita vizibilităţii;percepem însă existenţa lor graţie razelor difractate de ele sub forma unor puncte strălucitoare mobile sau imobile,mai mari sau mai mici pe un fond întunecat întocmai ca stelele de pe cer.

Actualmente se întrebuinţează un sistem mai simplu în care nu mai este nevoie de o cuvă cu soluţia coloidală,sistem care constă în modificarea condensatorului Abbè prin unul din două sisteme şi anume : condensatorul paraboloid şi condensatorul cardioid.

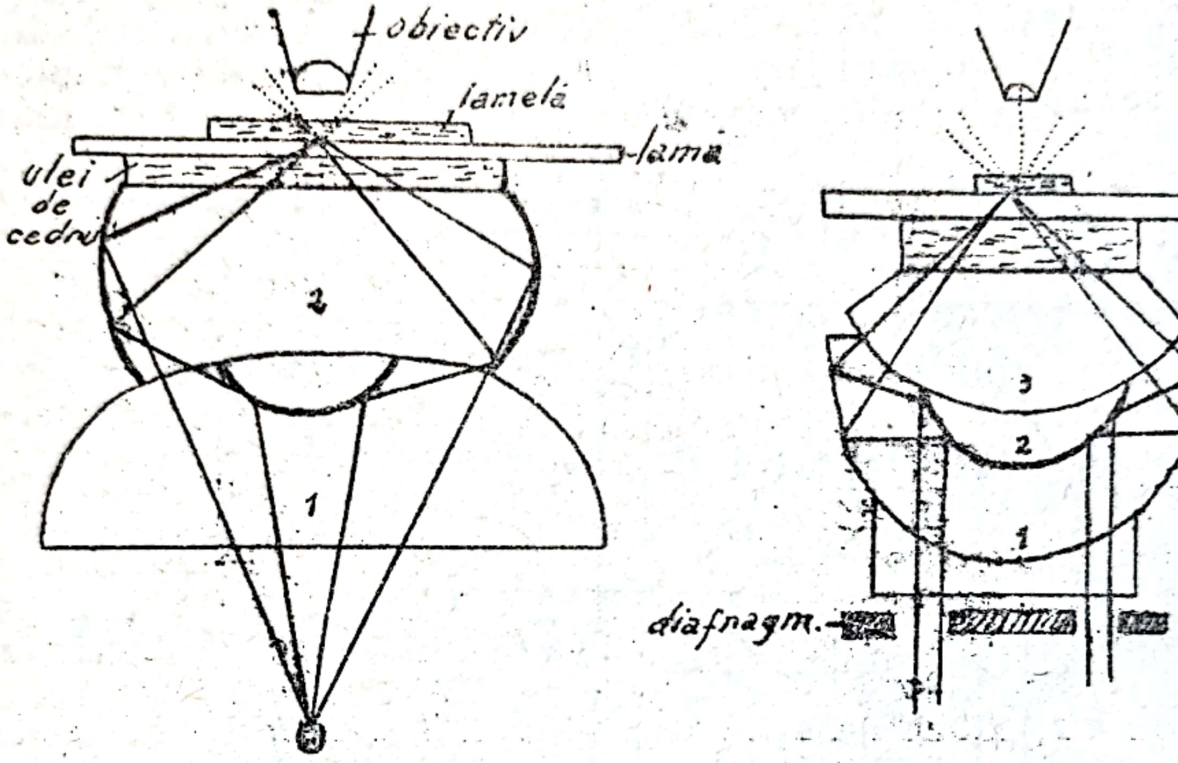
Condensatorul paraboloid (Zeiss) se montează în locul condensatorului lui Abbé şi poate fi întrebuinţat pentru examenele preparatelor în stare proaspătă cum ar fi : protozoare, microbi, etc., în suspensie într-un lichid. Intre faţa superioară a condensatorului şi faţa inferioară a preparatului microscopic se interpune uleiul de cedru sau apa pentru a evita fenomenele de reflexie şi refracţie a razelor luminoase. Acest condensator este făcut astfel încît razele de lumină nu pot pătrunde direct în obiectiv deoarece razele centrale sînt oprite de diafragma circulară ce se găseşte la partea inferioară a condensatorului, iar razele marginale, care pătrun în condensator sînt reflectate de feţele lui laterale ce sînt argintate. Toate razele se întîlnesc în focarul condensatorului într-un punct ce coincide cu preparatul, deoarece părţile laterale ale acestui condensator au o înclinaţie adecvată vizibilă şi pe figură. La nivelul preparatului razele de lumină suferă fenomenul de difracţie astfel că nu ajung în cîmpul microscopic decît razele difractate şi parţial difuzate de particulele în suspensie. In felul acesta obiectul ne apare foarte strălucitor pe un fond întunecat.



Condensatorul cardioid (Siedentopf) este format din două sau trei lentile care au o suprafaţă cardioidă, adică o suprafaţă de rotaţie.

O rază de lumină ce intră în condensator, suferă pe suprafaţa argintată (1) o reflexie totală, ajunge în sticla optică (2), trece prin lichid pe care-l luminează lateral şi trecînd mai departe, ajunge la suprafaţa lamelei. Si aici suferind o nouă reflexie totală se întoarce pe cale inversă înapoi. Razele mai

marginale după reflexia de pereţii argintaţi laterali, luminează lateral preparatul. Cu acest sistem prin reflexiile repetate ale razei pe diversele suprafeţe, nu se produc pierderi de lumină prin ieşirea razelor prin părţile laterale şi nici nu se pierd razele centrale ca în celălalt sistem, astfel



că pentru luminarea obiectului se foloseşte toată lumina care a intrat în condensator.

Condensatorul cardioid este folosit în special pentru examinarea soluţiilor coloidale.

Tehnica de lucru : punerea la punct se face la fel ca şi la microscopul obişnuit. Ca fapte aparte trebuie să avem în grije următoarele : lama să fie bine calibrată pentru ca încrucişarea razelor să se facă exact în planul preparatului, obiectul să aibă şi deasupra lui un mediu lichid într-un strat foarte subţire şi să fie acoperit cu o lamelă. Observarea trebuie să se facă cu o sursă foarte puternică de lumină (lampă electrică cu incandescenţă sau cu arc), să fie prinsă de oglindă pe faţa ei plană, iar microscopul să fie în poziţie verticală.

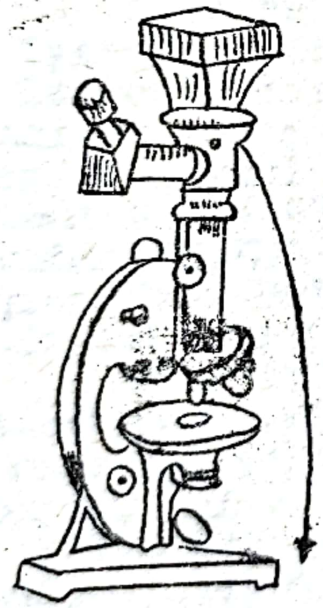
La acest mod de examinare convine orice obiectiv cu o apertură pînă la 0,90 sau obiective cu imersie cu diafragm iris pentru a micşora unghiul de deschidere, astfel ca acest unghiu să fie inferior diametrului conului luminos. Contrastul în acest caz între imaginea obiectului şi fondul negru este foarte pronunţat.

In cazul examinării soluţiilor coloidale,trebuie să avem grije ca apa pentru facerea soluţiei respective ce trebuie examinată să fie distilată şi ultrafiltratä,iar lama,lamela şi cuva în care se găseşte soluţia,să fie absolut curate şi să fie construite din cuarţ deoarece particulele coloidale au proprietatea că aderă de sticla care se întrebuinţează în mod obişnuit.

Microfotografia.

De multe ori este nevoie ca imaginea dată de microscop să fie reprodusă,ori această reproducere este preferabil să se efectueze fotografic decît un simplu desen făcut cu ajutorul camerei clare.Fotografia este un document mult mai convingător (nu mai intervine factorul subiectivism) şi mai precis; în schimb toate detaliile apar cu aceiaşi intensitate.

Tehnica de lucru este destul de simplă :Punem întîi la punct microscopul ca pentru o observare obişnuită. Aţezăm apoi peste ocular camera fotografică care,la aparatele mai moderne se poate adapta la microscop prin deşurubarea cilindrului superior al tubului microscopic. Ridicăm apoi foarte încet cu ajutorul vizei micrometrice,sistemul optic pînă cînd imaginea apare foarte clar pe placa aparatului de fotografia. La unele modele numite oculare microfotografice, camera de fotografiat are o lunetă laterală prin care privim şi cu ajutorul căreia imaginea se pune foarte uşor la punct. Prin ridicarea obiectivului se măreşte deci şi distanţa dintre obiect şi obiectiv,astfel că imaginea reală dată de obiectiv nu va mai cădea între centrul optic şi focarul lentilei ocular,ci în afară,astfel că în loc de imagine virtuală se capătă o imagine reală ce se poate fotografia. Se mai poate fotografia dacă lucrăm fără ocular; în acest caz însă trebuie ca tubul microscopic să fie cît mai larg,pentru ca imaginea de pe placă să nu aibă un



diametru prea mic.

Microscopul polarizant.

O altă adaptare care se poate face la microscop, este transformarea lui în microscop polarizant. Ne vom ocupa însă despre el atunci cînd vom studia lumina polarizată.

Microscopia în fluorescenţă.

Microscopia în fluorescenţă a luat naştere din nevoia de a mări puterea de rezolvare a microscopului optic prin folosirea unor radiaţii cu lungime de undă mai mică decît cea a spectrului vizibil. (Descoperit de O.Heimstädt - 1911 şi H.Lehmann- 1914).

Folosirea în acest scop a unor raze cu lungime de undă mai mică (raze ultraviolete) a fost posibilă datorită proprietăţii pe care o are unele corpuri numite fluorescente, de a transforma radiaţiile luminoase pe care le primesc, în radiaţii cu lungime de undă mai mare; primind r.u.v. invizibile, aceste substanţe le transformă în raze luminoase vizibile.

Principiul microscopului cu fluorescenţă constă în a provoca fluorescenţa obiectelor datorită r.u.v. care au această proprietate şi în a obţine imaginea acestor obiecte numai cu ajutorul luminii fluorescente.

In cazul în care corpul este făcut luminiscent prin excitarea cu r.u.v., deci atunci cînd corpul are o luminiscenţă proprie, aceasta se numeşte fluorescenţă primară.

Deoarece însă, majoritatea corpurilor ce se examinează nu au o astfel de luminiscenţă, ele se impregnează cu substanţe fluorescente în diluţii foarte mari (1/1000-1/1.000.000) şi se capătă o fluorescenţă secundară. Substanţele folosite pentru obţinerea fluorescenţei secundare poartă numele de substanţe fluorochrome. Intre acestea intră :

- coloranţii de acridină (galben de acridină, trypaflavina, rivanolul, atebrina, etc.);
- din grupul derivaţiilor chinoleinici (sulfatu de berberină);
- din grupul fenil-metan (auramina, fluorcsceina etc.);
- din grupul extractelor vegetale - coloranţii industriali (esculine).

Soluţiile rămîn fluorescente mai multe luni cu condiţia de a fi păstrate la întuneric. Obiectele

de examinat prin fluorescenţă apar colorate strălucitor în galben, roşu, verde sau albastru, în funcţie de fluorocromul întrebuinţat, iar cîmpul microscopic ne apare negru.

Deoarece r.u.v. nu produc decît o slabă impresie asupra retinei ochiului omenesc, metoda nu convine examenului microscopului obişnuit, însă prin faptul că aceste raze impresionează placa fotografică, se vor obţine cel mai adesea microfotografii Dar aceste raze îndreptate spre substanţele fluorescente, produc o emisie de lumină fluorescentă a cărei culoare diferă după natura chimică a obiectului fluorescent. Astfel se pot recunoaşte în materia şi compoziţia obiectelor, diferenţe ce altfel nu ar fi perceptibile dacă s-ar folosi lumina ordinară şi s-ar examina obiecte necolorate.

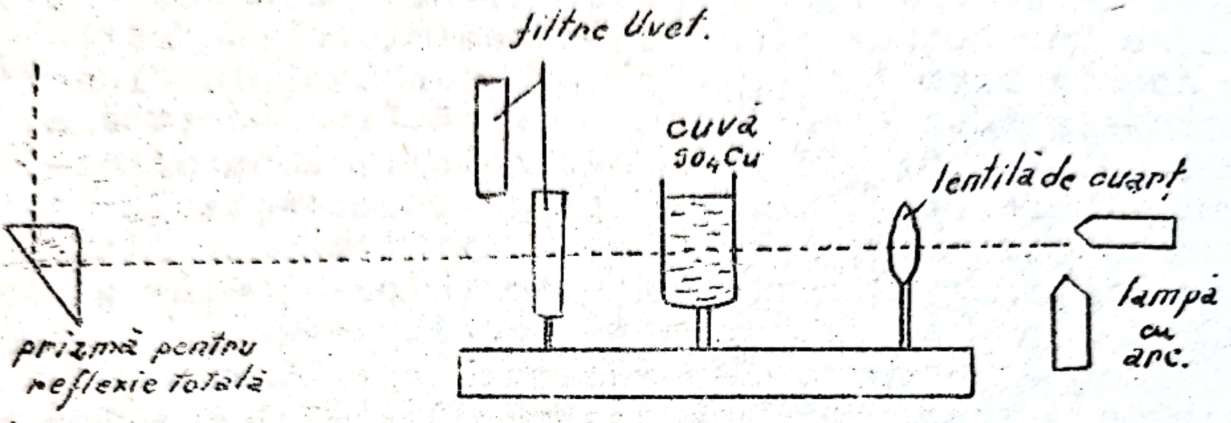
Deoarece lumina fluorescentă aparţine părţii vizibile a spectrului, se poate utiliza la microscop obiective şi oculare obişnuite, însă sistemul de iluminare trebuie să fie prevăzut cu o optică permeabilă pentru razele ultraviolete.

In urma acestor considerente, un microscop în fluorescenţă va fi alcătuit din următoarele :

- O sursă de lumină bogată în r.u.v. (un arc electric sau o lamă de u.v.). Pentru obiectele necunoscute trebuie să aibă o intensitate de 20-30 A iar pentru o slabă putere măritoare şi cu o fluorescenţă puternică a obiectului, ajung 4-5 A.
- Un condensator format dintr-o lentilă biconvexă de cuarţ.
- Un filtru lichid format dintr-o soluţie de SO_4Cu 4%, conţinută într-o cuvă cu pereţii paraleli de cuarţ şi care are rolul de a opri r.infraroşii şi roşii.
- Un filtru Wood-Lehmann solid ce este format dintr-o sticlă cu bază de oxid de nichel ce lasă să treacă numai r.u,v.cu o lungime de undă de 3650 A. Dacă nu avem un astfel de filtru solid se poate alcătui un lichid din următoarele soluţii puse într-un vas de cuarţ : SiO_2 50 p.%; K_2O 16 p%; BaO 25 p%; NiO 8 p%; CuO 1p%.

Cel mai bun rezultat se obţine dacă cele două filtre sînt dispuse astfel ca partea lichidă a filtrului să fie aşezată într-o cuvă dublă şi care să fie separată de partea solidă printr-un perete solid în sticlă de uviol. Această dispoziţie are avantajul, că

cu sol.de SO_4Cu,poate fi utilizată singură,lucru de mare utilitate în unele cazuri cum ar fi pentru examinarea preparatelor cu slabă fluorescenţă.Cînd se ridică cele două părţi constitutive ale filtrului,celelalte părţi ale microscopului în fluorescenţă formează un aparat pentru cercetarea influenţei fiziologice a luminii ultraviolete asupra vieţuitoarelor.



- O prismă de cuarţ pentru reflexia totală şi care se întrebuinţează pentru microscopul aşezat în poziţie verticală. Pentru toate celelalte poziţii ale microscopului se va utiliza oglinda obişnuită.

- Un condensator cu fond negru cu sticlă de cuarţ care are drept scop de a împiedica ca r.u.v. să ajungă în obiectiv după ce au părăsit preparatul.Fără aceasta,r.u.v.ar provoca fluorescenţa lentilelor obiectivului şi ar face imposibil, luminînd cîmpul vizual,examenul obiectului respectiv. Totuşi se poate lucra şi prin transparenţă,deci cu un condensator tip Abbècu sticlă de cuarţ şi lentile de cuarţ la obiectiv şi ocular,numai că în acest caz,se păzeşte ochiul cu un filtru galben - portocaliu care opreşte razele primare albastre şi lasă să treacă numai lumina galbenă emisă de corpul fluorescent. Acest filtru pe de o parte apără ochiul de o eventuală oftalmie ce s-ar produce prin acţiunea r.u.v.,cît mai ales pe de altă parte,pentru faptul că,fără el,r.u.v. ar face fluorescent mediul intern al ochiului,făcînd astfel imposibilă orice examinare.

Rezultatele mai bune însă, se obţin folosind numai metoda luminării pe fond negru cu puteri mărit[illegible] destul de mari şi pentru substanţe cu slabă fluorescenţă. Condensatorul pe fond negru este prevăzut cu un diafragm iris,lucru care per-

mite trecerea la metoda luminării prin transparenţă, fapt necesar pentru observaţii de control asupra obiectelor.

- Obiectul de examinat trebuie aşezat pe lama port-obiect, fabricată din sticlă de cuarţ sau altă sticlă ce lasă să treacă r.u.v.

- Lamelele pot fi din sticlă obişnuită, întocmai ca şi partea optică propriu zisă a microscopului căci repetăm, lumina fluorescentă se găseşte în spectrul vizibil pentru care optica obişnuită este perfect transparentă.

Ca tehnică de lucru trebuie specificat faptul că nu se va utiliza uleiul de cedru sal balsabul de Canada, deoarece dau fluorescenţă primară. In locul lor se va folosi glicerina sau uleiul de parafină pur.

Aplicaţii.

Cu ajutorul luminii Wood se poate vedea structura şi detaliile diferitelor substanţe ce sînt invizibile la microscopul obişnuit. De ex. examinînd un diamant devenit fluorescent prin aceste raze, el străluceşte în culori vii mergînd dela galben la verde şi albastru, în timp ce cuarţul şi zirconul rămîn întunecate.

O importanţă mereu crescîndă o are în medicină la căutarea bacilului Koch în diverse produse patologice, în care se depistează cu ajutorul r.u.v. mult mai uşor decît prin metodele cunoscute pînă în prezent.

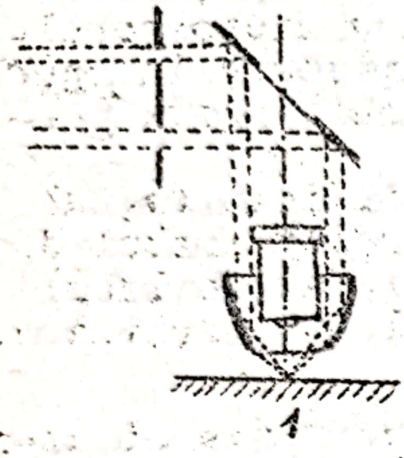
Microscopul prin lumină reflectată.

Este folosit pentru luminarea în cîmpuri clar obscure şi a examina astfel obiecte opace. In acest scop se întrebuinţează între altele, obiective speciale numite ultraopac ce sînt înconjurate de dispozitive optice inelare prin care lumina vine dintr-o parte datorită unei piese intermediare şi apoi este proiectată lateral şi circular pe suprafaţa de examinat.

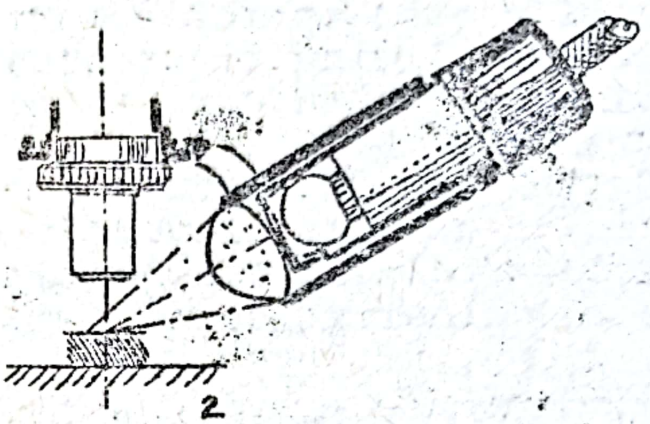
Microscopul Zeiss adaptat acestui fel de examinare permite pe de o parte, diferite feluri de examinări ale cîmpurilor obscure (în toate direcţiile, într-o singură direcţie, în mai multe direcţii) iar pe de altă parte ele se pot grada conform diverselor cerinţe. In construcţia lor ca sursă de lumină servesc becurile electrice cu voltaj mic şi puternice pentru a constitui o instalaţie mică şi comodă de lumină. Deasemenea s-a căutat ca aceste piese să se poată

adecva la diverse stative ce nu au o mobilitate a platinei microscopice.

Prezentăm în figurile alăturate schematizat, diverse sisteme de epicondensatoare folosite la microscopul prin lumină reflectată, folosite pentru ilumi-



1



2

nare din toate părţile a cîmpului obscur (1) şi pentru iluminarea dintr-o singură parte (2).

Ca încheere a microscopiei, trebuie să specificăm că un obiect se poate vedea la microscop prin mai multe procedee:

-Prin luminare directă (cu lumină transmisă), cum este la microscopul obişnuit, procedeu ce ne permite să vedem detalii distanţate între ele cu 0,5 μ.

-Prin luminare laterală, aşa cum se întîmplă în ultramicroscopie, cînd limita vizibilităţii ajunge la 0,003 μ.

-Prin emisie, aşa cum se întîmplă la microscopul cu fluorescenţă, cînd pot fi văzute delatii separate între ele cu 0,25 μ.

-Prin lumină reflectată.

Mai există şi alte microscoape bazate pe cu totul alte principii, pe care numai le enumerăm aci, ele urmînd a fi studiate în alte capitole şi anume:

-Microscopul prin contrast de fază, care se bazează pe fenomenul de difracţie a luminei.

-Microscopul electronic bazat pe imaginea ce ne-o dă un flux de electroni.

-Microscopul ultra-sonor bazat pe transformarea undelor ultra sonore în curenţi electrici.

Microscopia tinde astfel să-şi lărgească din ce în ce mai mult limita şi domeniul ei de aplicare, fapte care pledează pentru importanţa ei.

OPTICA FIZICA

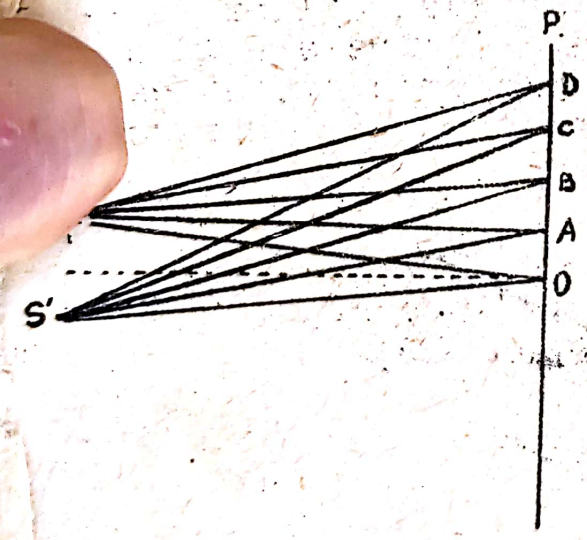
Este partea din fizică care studiază natura luminii. In interpretarea acestor fenomene putem pleca, fie de la presupunerea că lumina este o undă produsă de izvorul luminos (optica ondulatorie), fie dela presupunerea că lumina este emisă corpuscular de izvorul luminos (optica fotonică). Amîndouă interpretările părînd la fel de juste, se explică astfel împărţirea în optica ondulatorie şi optica fotonică.

OPTICA ONDULATORIE.

Interferenţa luminei.

Pentru a explica acest fenomen, să luăm două surse de lumină monocromatică (S şi S'), punctuale şi absolut identice, adică să aibă aceleaşi mişcări vibratorii. In punctul O în care cele două drumuri SO şi S'O sînt egale, mişcările vibratorii fiind egale, ajung în concordanţă şi deci prin adăogarea lor se capătă o lumină puternică. Punctul O apare puternic luminat. Cu cît ne depărtăm însă de O, diferenţa de mers creşte, aşa că pentru un punct oarecare A ea devine egală cu jumătate din lungimea de undă, adică:

$$AS' - AS = \frac{\lambda}{2}$$



Mişcările care ajung în A sînt astfel complet discordante, ele anihilîndu-se se obţine întuneric. Mai departe diferenţa de mers crescînd, într-un punct oarecare B ea devine egală cu o lungime de undă:

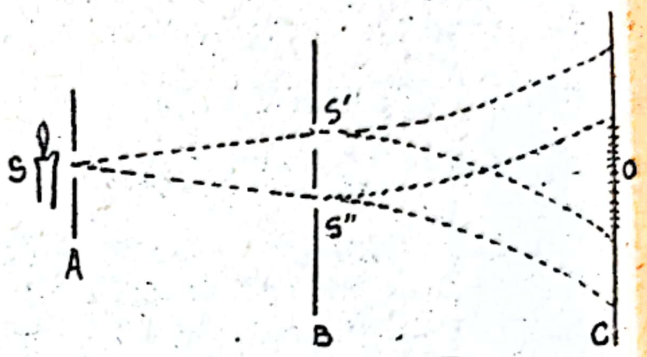
$$BS' - BS = \lambda$$

Deci mişcările ajungînd concordant în punctul B, ele se adaogă şi B va apare astfel luminat. Mai departe în C unde diferenţa de mers este de $3\lambda/2$, este din nou obscuritate. In D cu o diferenţă de mers de 2λ ($4\lambda/2$), obţinem din nou un maxim de lumină şi a.m.d. Ca-urmare, pe paravanul P se obţin astfel o serie de franjuri alternativ luminoase şi întunecate. Fenomenul nu se obţine dacă ne servim de două surse diferite de lumină sau chiar două puncte ale aceleiaşi

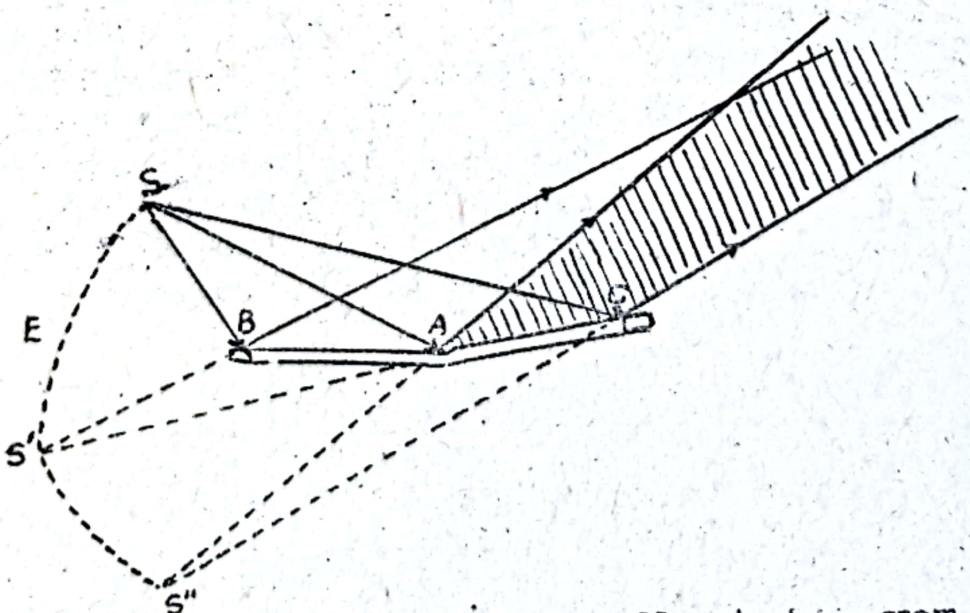
lumini. Pentru a se produce acest fenomen este nevoie de două imagini ale aceluiaşi punct luminos S. Este clar astfel că cele două mişcări sînt absolut sincrone.

Peactic, fenomenul de interferenţă se poate produce prin mai multe procedee:

-Experienţa lui Young constă în iluminarea a două deschideri punctiforme S' şi S" făcute în ecranul B, printr-o sursă de lumină tot punctiformă S ce trece prin ecranul A (sursa de lumină S provine dela un bec Bunzen ce conţine Na metalic). Din cauza difracţiei, fiecare deschidere S' şi S" lasă să treacă un fascicol cu atît mai larg, cu cît deschiderile sînt mai mici. Partea comună celor două fascicule cuprinsă de un al treilea ecran C, primeşte mişcări vibratorii concordante. In această regiune vor apare franjurile alternativ strălucitoare şi obscure. Cu o singură deschidere, franjurile dispar.



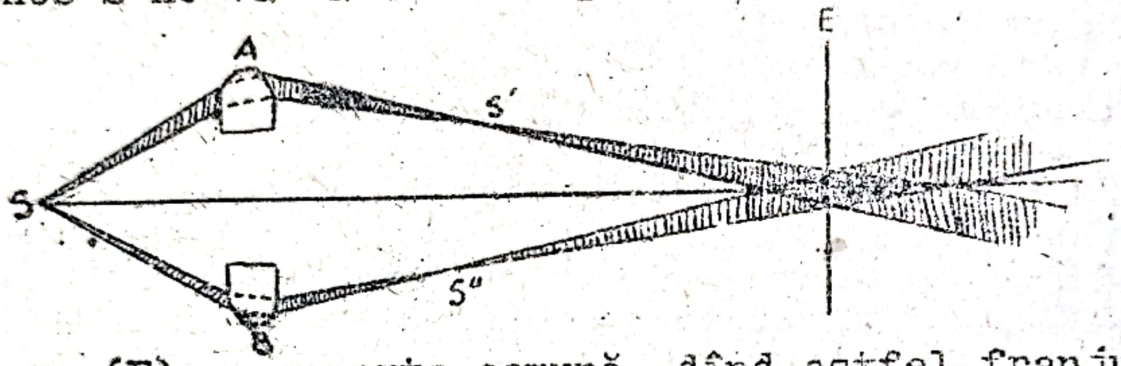
-Oglinzile lui Fresnel. Sînt două oglinzi aşezate sub un unghiu obtuz. Fiecare dintre ele dă o imagine virtuală a sursei de lumină monocromatică (S) pe ecranul (E). Dacă plasăm ochiul în regiunea



comună celor două fascicule reflectate, vom percepe cele două imagini virtuale (S' şi S"), produse în aceleaşi condiţiuni prin reflexie pe cele două og-

linzi care joacă rolul de surse sincrone la suprafaţa mercurului, iar dacă privim cu o lupă sau un microscop în partea comună celor două fascicule, se observă în cîmp o alternanţă de benzi verzi şi benzi negre echidistante, care sînt franjurile de interferenţă. Dacă fără să schimbăm unghiul, înlocuim lumina verde cu una indigo produsă de mercur, franjurile albastre ce apar sînt mult mai strînse. Dacă se înclină oglinda AC mai mult sau mai puţin, se observă că franjurile se strîng cu atît mai mult, cu cît unghiul dintre oglinzi este mai mic.

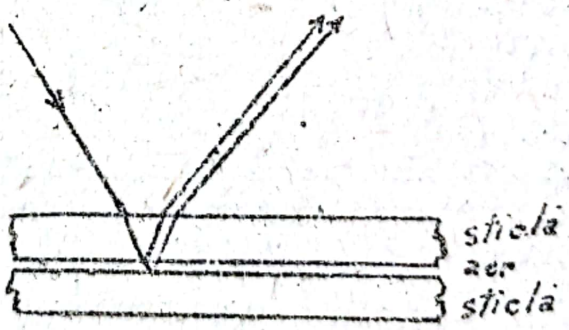
-Semi-lentilele lui Billet. O lentilă convergentă este tăiată în două jumătăţi (A şi B). Un punct luminos S ne va da două imagini S' şi S" care pe un



paravan (E) au o parte comună, dînd astfel franjuri.

Interferenţa produsă prin suprafeţe paralele.

Dacă suprapunem două lame subţiri de sticlă una peste alta, lăsînd între ele un mic spaţiu cu aer, observăm că o rază de lumină monocromatică ce cade pe acest sistem dă două raze reflectate, una la faţa superioară a micului strat de aer, alta pe faţa inferioară a aceluiaşi strat. A doua raza parcurge astfel un drum mai lung decît prima şi vom obţine astfel întuneric sau lumină după cum diferenţa de mers este egală sau unui număr întreg, sau unui număr impar de semi-lungimi de undă. Din cauza lipsei însă de paralelism a celor două feţe a sticlei (mici neregularităţi sau neparalelism) se observă o serie de discuri alternativ clare şi întunecate.

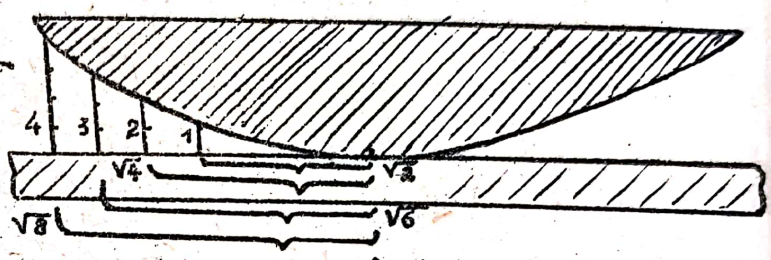


In natură se produce interferenţa în lame foarte subţiri prin suprapunerea razelor reflectate de faţa superioară cu cele reflectate de faţa inferioară a

lamei. Dacă lamele sînt cu feţele riguros plane şi paralele, franjurile sînt circulare şi reproduc liniile de egală înclinare a razelor incidente; dacă **lamele sînt cu grosime variabilă, franjurile reproduc liniile de egală grosime a lamei şi pot servi la cunoaşterea reliefului microscopic al unei suprafeţe.**

Interferenţa produsă prin suprafeţe sferice.

Newton obţine franjuri de interferenţă aplicînd pe o suprafaţă plană o suprafaţă uşor convexă (o lentilă). Franjurile au atunci o formă de cercuri concentrice alternativ luminoase şi întunecate. Se poate demonstra uşor că grosimile intervalului care corespund locurilor inelelor luminoase şi întunecate se găsesc între ele în acelaşi raport ca numerile întregi succesive. Intervalul minim corespunde primului inel, celelalte vor fi multipli întregi ai acestei lungimi. Dacă se iluminează lentila şi sticla cu culori simple diferite, lărgimea inelelor variază şi ea; pentru razele roşii inelele sînt mai largi iar pentru cele violet mai înguste. Fiecărei culori simple îi corespunde o anumită grosime a primului interval. Orice lentilă am lua din orice material, această grosime rămîne constantă pentru aceiaşi culoare. Ea variază numai în cazul cînd în interval în locul aerului se găseşte un lichid oarecare. In acest caz lărgimea inelelor va depinde de indicele de refracţie al lichidului.



Tot un fenomen de interferenţă se poate obţine nu numai prin reflexie ca mai înainte ci şi prin transmisie, numai că în acest caz franjurile nu mai sînt aşa de frumoase căci prin refracţii succesive raza este foarte mult slăbită şi minimul de lumină este departe de a fi negru.

Deci interferenţa este suprapunerea a două unde luminoase cu aceiaşi direcţie de propagare. După valoarea diferenţei de fază a undelor suprapuse, undele îşi însumează efectele sau se sting reciproc, dînd naştere franjurilor de interferenţă ce sînt linii echidistante alternativ luminoase şi întunecate.

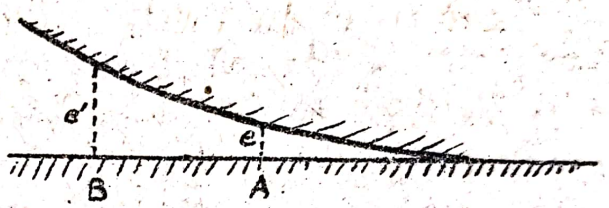
Prin fenomene de interferenţă se datoresc culorile vii cu strălucire metalică de pe aripile păsărilor, de pe elitrele gîndacilor şi de pe aripile fluturilor.

Aplicaţii.

Fenomenul de interferenţă a luminei are aplicaţii numeroase şi interesante:

1) Pentru studierea unei suprafeţe: nu avem decît să suprapunem peste o suprafaţă netedă suprafaţa noastră de cercetat şi dacă apar franjuri, înseamnă că suprafaţa noastră nu este netedă.

2) La măsurarea grosimilor: fie A şi B două puncte ale unei lame care coincid fiecare cu o zonă luminată. Să numărăm franjurile strălucitoare care se găsesc între A şi B. Dacă numărul lor pentru B întrece cu n numărul celor a lui A este din cauză că grosimea în B întrece pe cea din A cu n semi-lungimi de undă. De unde $e'-e = n\lambda/2$, asta bine înţeles în cazul în care cunoaştem lungimea de undă a luminei întrebuinţate. In cazul în care în A cele două suprafeţe sînt în contact, deci la acest nivel grosimea fiind nulă, numărul de franjuri a lui B (cel a lui A este zero) ne dă grosimea în punctul B.



3) Măsurarea lungimilor de undă se face astfel:

-din formula precedentă cunoscînd pe e'-e putem foarte uşor afla pe λ ; e reprezintă înălţimea în dreptul unui inel obscur n. Deci $e = n\lambda/2$, de unde: $\lambda = 2e/n$

-crescînd cu o valoare cunoscută înălţimea h a lamei de aer şi numărînd într-un punct determinat m franjuri luminoase sau întunecate, deducem:

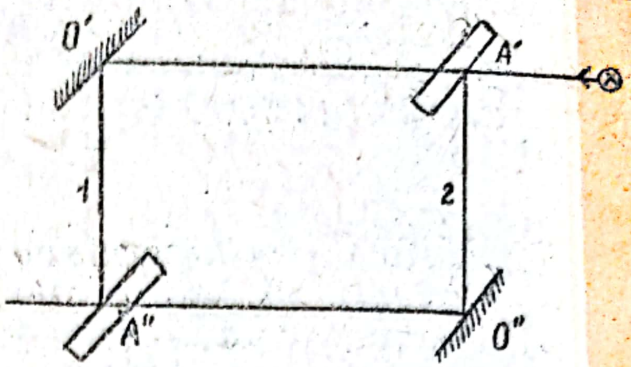
$\lambda = 2h/m$

4) Interferometrele sînt o aplicaţie ce se bazează de fenomenul producerii franjurilor de egală înclinare sau egală grosime. Sînt aparate care produc interferenţa între fascicule depărtate unele de altele, putîndu-se interpune în calea unuia din ele un corp pentru a studia efectele.

Dintre numeroasele tipuri de interferometre citătăm:

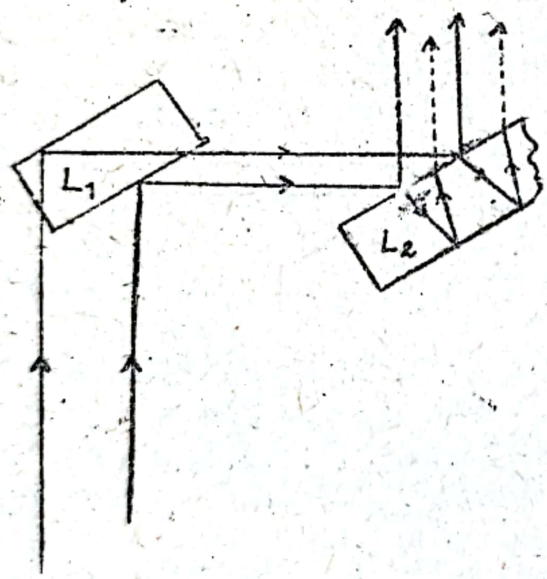
Interferometrul lui Reydestvenski ce prezintă avantajul că cele două faze (1 şi 2) sînt depărta-

te una de alta la cîţiva cm încît pe traseul lor se pot pune substanţe ce trebuiesc cercetate, A' şi A" sînt două lame plan paralele cu faţa semi-argintată iar O' şi O" sînt două oglinzi. Figura lămureşte cum se nasc cele două fascicule (1 şi 2) care se unesc după trecerea lor prin A" (raza 2) şi reflexia prin A" (raza 1) şi interferă.



Interferometrul Jamin este compus din două lame groase de sticlă omogenă perfect plan-paralele, paralelism ce se obţine cu ajutorul unui şurub micrometric. Se utilizează o lumină monocromatică.

Avînd cele două fascicule luminoase bine separate, se intercalează un strat de substanţă (gaz, lichid, etc) cu un alt indice de refracţie decît aerul. Franjurile de interferenţă formate la început din cauza aerului (interfernţa prin lame) se vor deplasa din cauza modificării diferenţei de drum pe care am introdus-o prin substanţa menţionată. Datorită substanţelor străine introduse, diferenţa de drum dintre razele ce dau interferenţa este n"-l - n'-l= l (n'-n") formulă în care l=grosimea stratului interpus; n'=indicele de refracţie al aerului; n"= indicele de refracţie a mediului interpus.



Dacă diferenţa de drum provocată în plus este egală cu un număr (m) de lungimi de undă monocromatică în care lucrăm, întreaga figură de interferenţă va fi deplasată cu acest număr de benzi m. Această deplasare se poate măsura folosind relaţia: $m\lambda = l(n"-n')$ şi măsurînd pe m (ceace se face fără dificultate), putem calcula pe n"-n', care reprezintă diferenţa dintre indicii de refracţie a celor două medii. Pentru a putea determina diferenţe foarte mici de indici de refracţie, se măreşte foarte mult grosimea stratului interpus, care poate fi de

10 cm şi peste. Astfel în lumină monocromatică de 5000 A variaţiile de n"-n' pot fi de oridinul milionimilor şi chiar şi mai mici. Aparatul poate fi utilizat pentru a determina variaţii aproape insensibile ale indicelui de refracţie, intervenite din cauza unor variaţii de temperatură sau adăogării unor substanţe străine. Din cauza acestei întrebuinţări, aparatul de interferenţă este numit şi refractometru prin interferenţă. El este foarte sensibil pentru variaţii foarte mici de indici de refracţie, dar nu poate fi utilizat la determinarea valorii absolute a indicelui de refracţie a unei substanţe, decît cu multă greutate. In general este folosit pentru a compara un gaz cu altul binecunoscut şi studiat anterior.

Interferometrul Jonnard este construit pe principiul interferenţei prin difracţie. Cu acest aparat se măsoară foarte precis diferenţe de drum dintre lichidul de cercetat şi unul de referinţă. El dă această diferenţă pînă la a 6-a zecimală. Lichidele se află în nişte cuve mici de cîţiva ml capacitate. Marea sensibilitate a aparatului permite ca să fie utilizat cu nişte cuve de tip special la măsurarea indicelui de refracţie a mediilor gazoase putînd fi astfel aplicat la dozarea gazelor respiratorii, la determinarea metabolismului bazal, în determinările serice cînd se produc modificări în unele stări patologice (cancer, disfuncţii endocrine,etc) în care cazuri se găsesc albumine anormale.

Difracţia luminei (Grimaldi 1665)

Pentru a vedea în ce constă fenomenul, să facem mai multe experienţe:

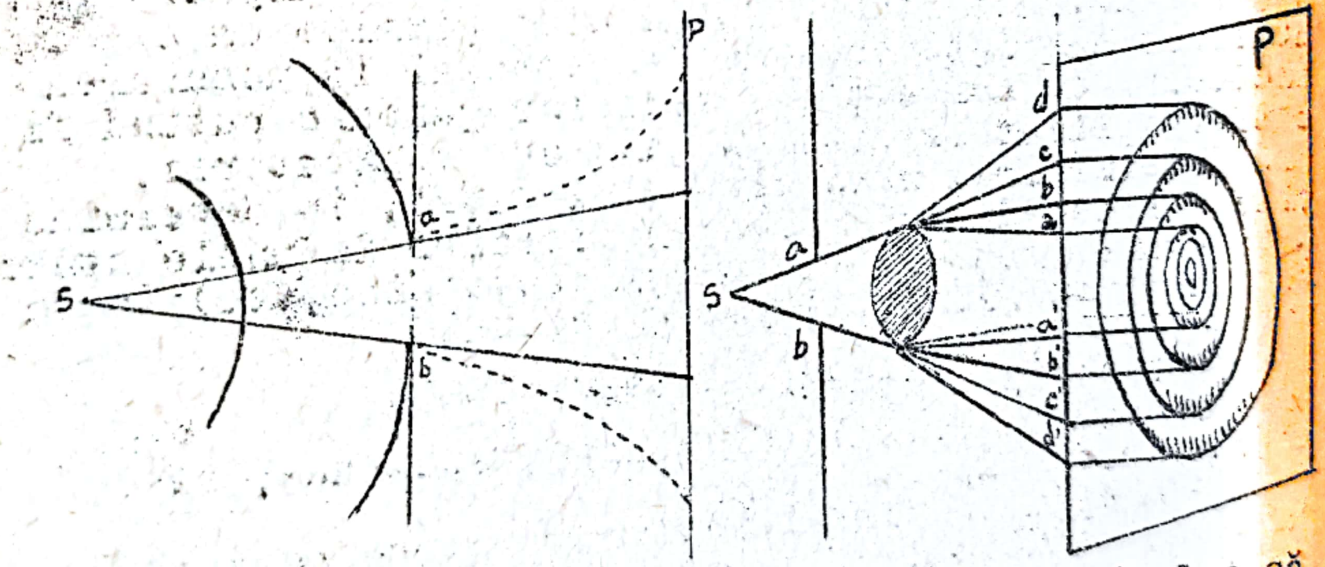
-Înţepăm cu vîrful unui ac o carte poştală pe care o ţinem lîngă ochi şi privim prin ea filamentul punctiform al unui bec aprins şi aflat la mare distanţă. Se observă o pată luminoasă centrală înconjurată de inele colorate şi întunecate: franjurile de difracţie.

-Facem o zgîrietură pe platina unui cliseu fotografic uzat şi privim prin el filamentul unui bec îndepărtat; potrivind ca fanta zgîriată să fie paralelă cu filamentul, se observă prin ea spectre de difracţie. Interpunînd o sticlă roşie, se văd franjuri alternativ roşii şi întunecate.

-In dreptul filamentului îndepărtat ţinem per-

dicular un creion la cca. 25 cm de ochi. Privind creionul pe fondul filamentului, observăm că în dreptul filamentului creionul pare subţiat prin pătrunderea luminei în umbra geometrică a creionului.

-Intr-un paravan în faţa căruia se află un izvor luminos (S) facem o mică deschidere circulară (a-b) de 0,5 mm. Se constată că lumina trimeasă de izvorul S nu se limitează la conul de lumină format de generatricele tangente, ci iese afară, peste conul luminos, pătrunzînd în spatiul întunecat dinprejurul lui. Dacă strîmtorăm şi mai mult fanta, in loc de a micşora cu s-ar crede, pata luminoasă se măreşte şi pe margini i se adaugă cercuri alternativ luminate şi obscure, cel luminate părînd irizate în toate culorile spectrului solar. In cazul cînd lucrăm cu o lumină monocromatică, dungile luminate apar de aceiaşi culoare cu nuanţa culorii intrebuinţate ca sursă de lumină. Irizarea benzilor s-a explicat prin descompunerea luminei albe în componentele ei; rămînînd de explicat formarea dungilor şi alternanţa lor regulată care indică un proces ritmic, o periodicitate în lumină. Dacă punem în conul

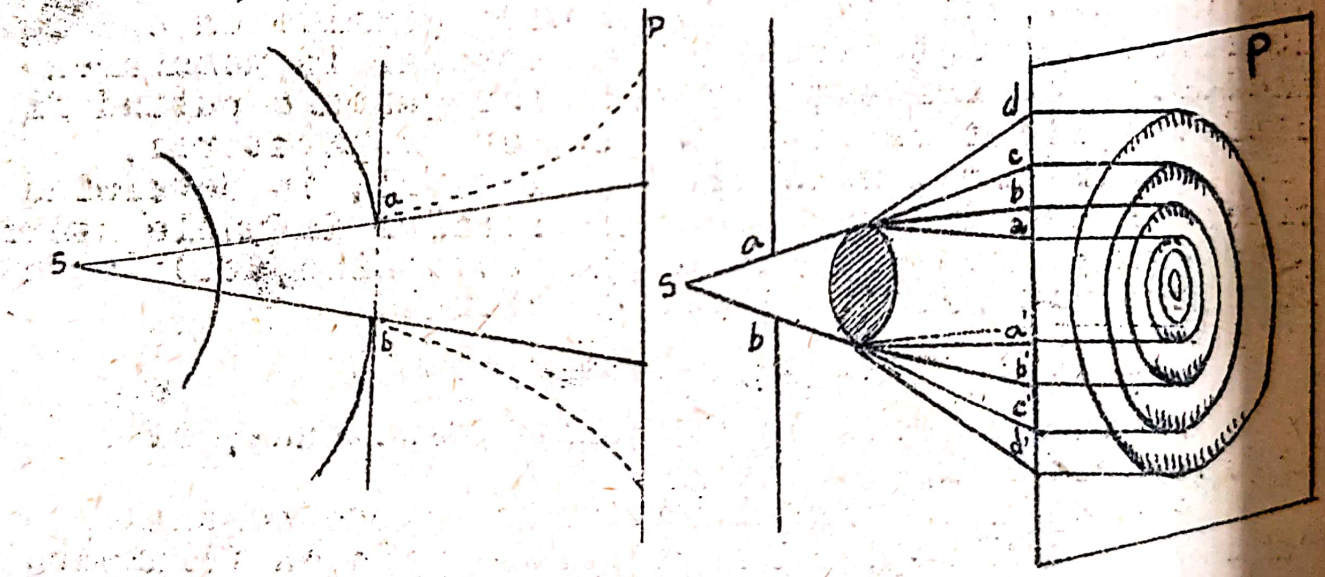


de lumină dat de fanta a-b un corp opac, în loc să vedem pe paravanul P umbra acestui corp opac, vedem suprafaţa luminată tocmai acolo unde ar trebui să fie întuneric şi de jur împrejur o mulţime de cercuri alternativ luminoase şi obscure. Dacă operăm în lumină albă, aceste cercuri prezintă frumoase irizaţii.

Fenomenele descrise mai sus sînt datorite difracţiei luminei. Se numeşte difracţie, pătrunderea luminei printr-o deschizătură submilimetrică şi ocolind marginile obstacolului dă naştere prin interferenţă

dicular un creion la cca. 25 cm de ochi. Privind creionul pe fondul filamentului, observăm că în dreptul filamentului creionul pare subţiat prin pătrunderea luminei în umbra geometrică a creionului.

-Intr-un paravan în faţa căruia se află un izvor luminos (S) facem o mică deschidere circulară (a-b) de 0,5 mm. Se constată că lumina trimeasă de izvorul S nu se limitează la conul de lumină format de generatricele tangente, ci iese afară, peste conul luminos, pătrunzînd în spatiul întunecat dinprejurul lui. Dacă strîmtorăm şi mai mult fanta, in loc de a micşora cu s-ar crede, pata luminoasă se măreşte şi pe margini i se adaugă cercuri alternativ luminate şi obscure, cel luminate părînd irizate în toate culorile spectrului solar. In cazul cînd lucrăm cu o lumină monocromatică, dungile luminate apar de aceiaşi culoare cu nuanţa culorii intrebuinţate ca sursă de lumină. Irizarea benzilor s-a explicat prin descompunerea luminei albe în componentele ei; rămînînd de explicat formarea dungilor şi alternanţa lor regulată care indică un proces ritmic, o periodicitate în lumină. Dacă punem în conul



de lumină dat de fanta a-b un corp opac, în loc să vedem pe paravanul P umbra acestui corp opac, vedem suprafaţa luminată tocmai acolo unde ar trebui să fie întuneric şi de jur înprejur o mulţime de cercuri alternativ luminoase şi obscure. Dacă operăm în lumină albă, aceste cercuri prezintă frumoase irizaţii.

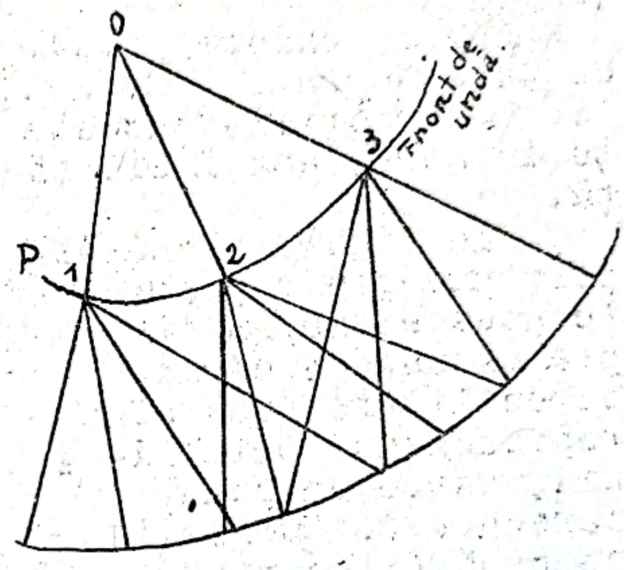
Fenomenele descrise mai sus sînt datorite difracţiei luminei. Se numeşte difracţie, pătrunderea luminei printr-o deschizătură submilimetrică şi ocolind marginile obstacolului dă naştere prin interferenţă

la zone alternativ luminoase şi întunecate în părţile în care ar trebui să fie umbră.

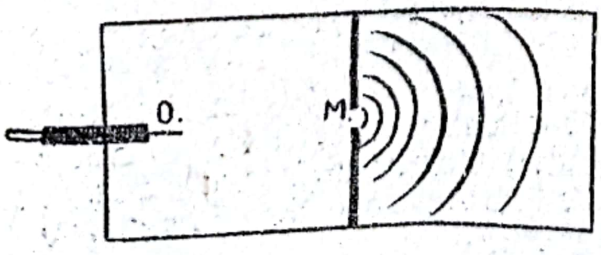
Fenomenul difracţiei arată că propagarea rectilinie a luminei nu este valabilă în împrejurările amintite mai sus şi că ea se poate propaga "după colţuri" aşa cum au arătat T.Young şi A.Fresnel.

Iată cum se explică fenomenul difracţiei şi cum explică ea propagarea luminei în linie dreaptă:

Să presupunem un punct oarecare (O) care trimete raze în toate direcţiile sub formă de unde. La un moment dat cînd suprafaţa sferică a ajuns în poziţia indicată(P)să ne închipuim că o forţă oarecare opreşte propagarea mai departe. Dacă după un timp oarecare, obstacolul încetează şi undele luminoase se propagă mai departe, toate punctele (1,2,3.....) de pe frontul de undă vor oscila ca şi cum ele ar fi început să vibreze pentru prima oară, ca şi cum fiecare ar fi un centru de vibraţie. Aceste vibraţii sînt absolut sincrone, au aceiaşi fază şi lungime de undă. Deci punctele 1,2,3,.... devin noi centre de vibraţie şi deu unde care se propagă tot radial. La un al doilea obstacol (P') vor ajunge unde luminoase trimese de diferitele puncte şi prin fenomenul de interferenţă vor da naştere la franjuri- franjurile de difracţie.



Existenţa frontului de undă se poate materializa prin următoarea experienţă: să luăm o mare baie de mercur despărţită în două printr-un perete prevăzut cu un orificiu mic, baie care să fie instalată pe un suport riguros fix. Intr-o parte a băii să aşejăm un diapazon care să vibreze în plan vertical şi care să aibă la unul din capete un vîrf ascuţit (O) care la fiecare vibraţie să intre în mercur. Se formează astfel la suprafaţa mercurului unde

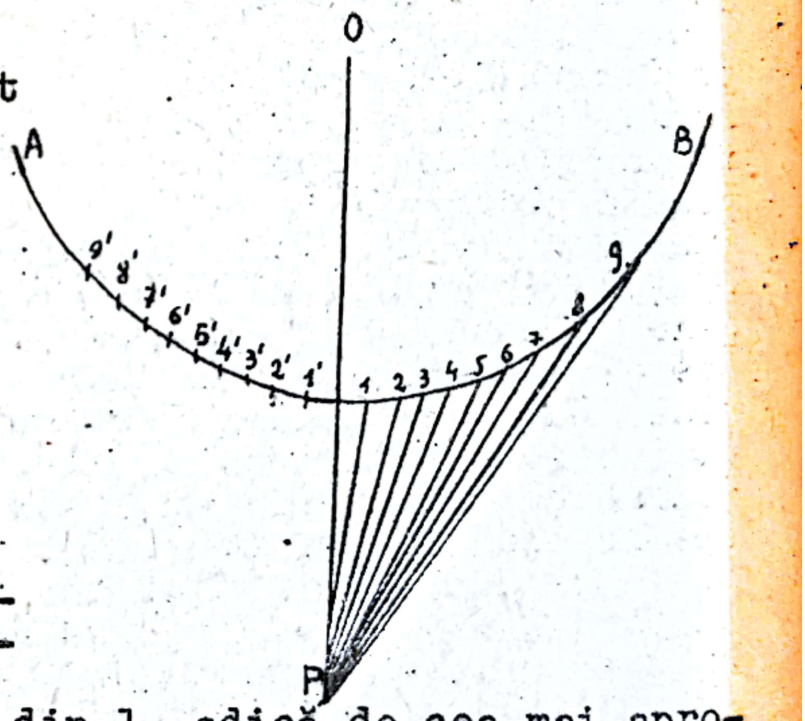


circulare ce se propagă spre peretele despărţitor. Undele atingînd deschiderea, trec prin ea şi se constată că curburile s-au schimbat şi că au ca centru punctul M ca şi cum M ar fi centru de vibraţii.

Această remarcă duce la enunţarea principiului lui Huygens: "mişcarea vibratorie a unei surse (O) de lumină într-un punct, este în orice moment rezultanta tuturor mişcărilor vibratorii care sînt aduse în acest punct de către diversele elemente ale unei unde antecedente oarecare, fiecare din aceste elemente fiind considerat ca un centru particular de vibraţii".

Deci conform principiului lui Huygens, punctele de pe o suprafaţă de undă trimiţînd şi ele unde în toate direcţiile, aceste unde vor putea avea diferenţe de mers, aşa încît să dea fenomene de interferenţă.

In figura alăturată, porţiunea A-B reprezintă o porţiune din suprafaţa sferică P'. Din toate punctele acestei suprafeţe pleacă unde a căror direcţii (razele) sînt reprezentate prin linii, către un punct oarecare P. Lungimile de undă fiind presupuse extrem de mici, două puncte vecine, de ex. 9 şi 8 alese astfel ca distanţele lor pînă la P să difere cu o jumătate de undă, se vor interfera anulîndu-se; tot aşa se vor anula şi undele 7 cu 6 şi a.m.d. afară de cele plecate din 1, adică de cea mai apropiată de linia OP, care diferă de OP cu mai puţin de jumătate de undă, aşa cum reiese şi din figură. Aceste din urmă radiaţii vor persista.



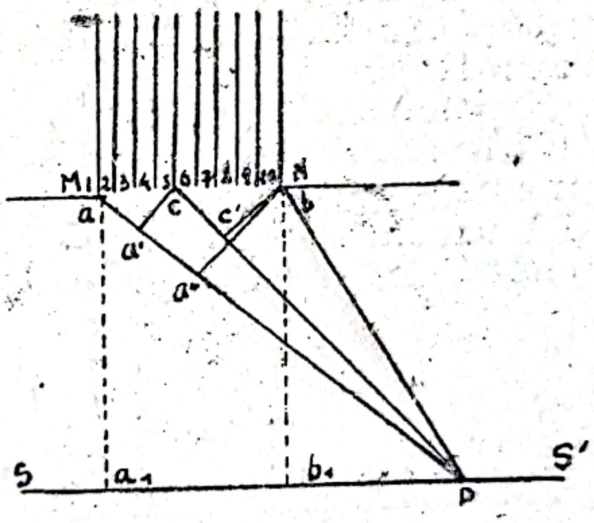
Tot acelaşi lucru se va petrece şi în partea stîngă a figurii.

Iată dar, că deşi undele plecate de la toate punctele suprafeţei de undă au existat, ele s-au anulat şi n-a mai rămas decît un fascicul infinit de îngust (1-1') a cărui grosime este cam de jumătate

de lungime de undă. Deşi acest fascicul nu este o linie pur şi simplu, însă deoarece ochiul nostru nu poate percepe aceste mici diferenţe, poate fi considerat astfel şi deci putem zice că lumina se propagă în linie dreaptă dela O la P.

Dacă deschiderea este mare, aşa încît dimensiunile ei să reprezinte un mare număr de lungimi de undă, atunci punctul P din figură poate ocupa orice alt loc şi deci toată suprafaţa va fi luminată.

Dacă deschiderea MN este extrem de mică şi măsoară numai cîteva lungimi de undă, de ex. cît porţiunea a-b şi dacă cbnsiderăm un număr de 10 puncte luminoase, aceste 10 puncte vor lumina zona a_1-b_1 din ecranul S-S'.



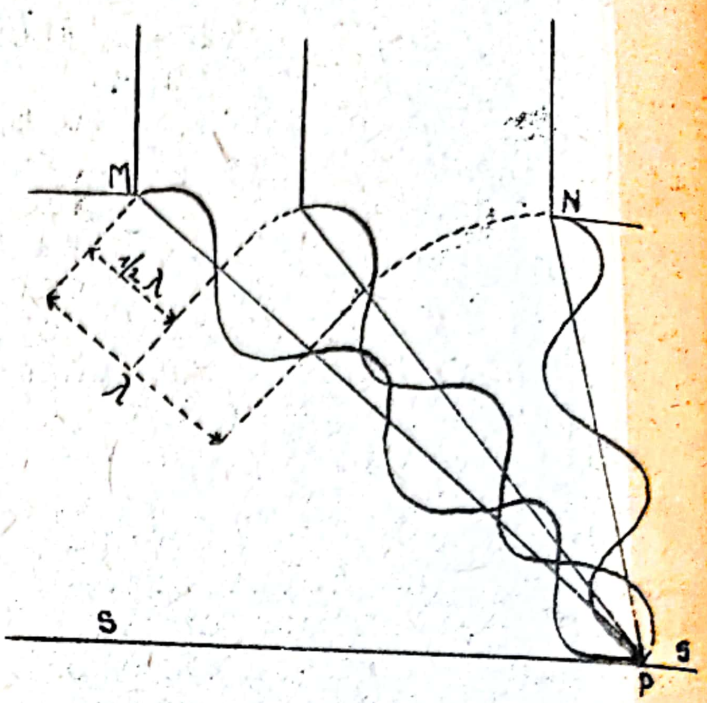
In adevăr, în fiecare punct cuprins între aceste limite, soseşte de la sursa luminoasă pe care o socotim la infinit, îngustul fascicul luminos 1-1' din figura de mai înainte. Intr-un punct oarecare (P) nu va mai ajunge nici-o rază directă din O, ci numai unde plecate din 1-10. Dacă undele din O şi 5 au o diferenţă de mers aa' care este egală cu cc', diferenţa de mers este egală cu o jumătate de undă, vor interfera anulîndu-se. Intre 1 şi 6 este o diferenţă de mers egală cu cea dintre O şi 5, tot aşa între 2 şi 7 etc. Mai exact zicem că fasciculul dintre O şi 1 (diviziunea O nu se vede în figură) se anulează cu fasciculul dintre 5 şi 6, cel dintre 1 şi 2 cu cel dintre 6 şi 7, cel dintre 2 şi 3 cu cel dintre 7 şi 8, cel dintre 3 şi 4 cu cel dintre 8 şi 9 şi în fine cel dintre 4 şi 5 cu cel dintre 9 şi 10. Ca urmare toate undele plecate din cele 10 puncte vor interfera anulîndu-se şi în punctul P va fi întuneric.

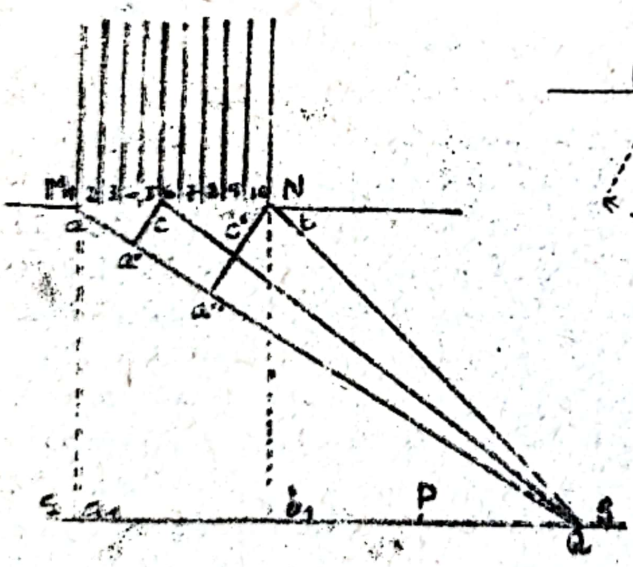
Observăm că dacă între raza periferică O şi cea centrală 5 este jumătate de undă diferenţă de mers, atunci între razele marginale O şi 10 diferenţa a-a" este de două ori mai mare, deci egală cu o lungime de undă (λ) întreagă.

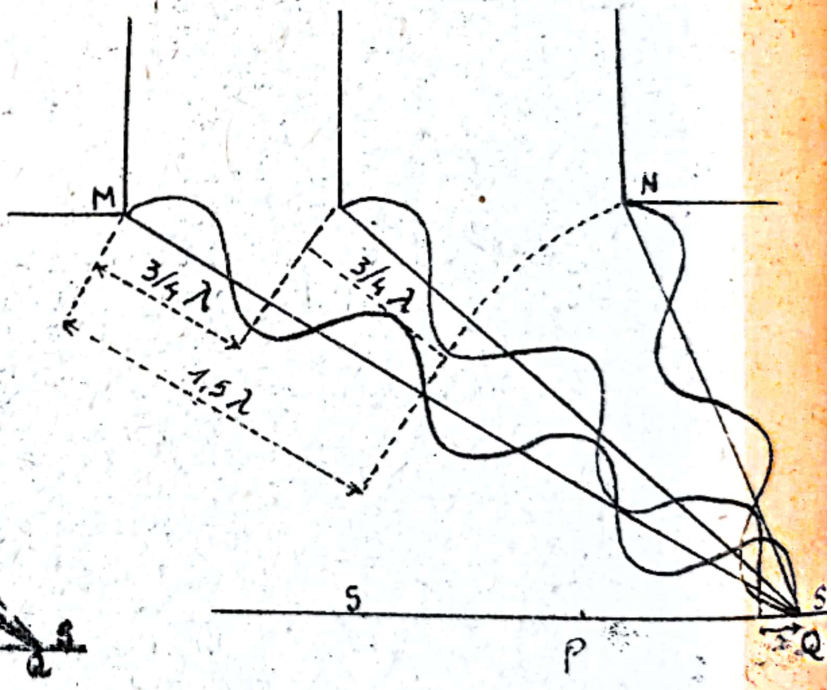
Toate aceste unde (din care s-au luat trei) sînt arătate cum interferă în figura pe de pagina următoa-

re.

Dacă acum considerăm un alt punct (Q) al ecranului şi dacă diferenţa de mers a razelor 0 şi 5 este de 3/4 de undă, atunci aceste raze nu se anulează; şi pentru că aceiaşi diferenţă de mers o au şi razele 5-10, 1-6, etc, urmează că toate razele se vor întări şi punctul Q va fi luminat. Razele extreme (marginale) 0 şi 10 au între ele în acest caz o diferenţă de mers de 1 1/2 lungimi de undă.







Dacă am lua un alt punct de pe ecran pentru care diferenţa de mers a celor două unde marginale ar fi de două lungimi de undă, razele iar s-ar stinge căci dacă între razele marginale există o diferenţă de două lungimi de undă, între raza centrală şi marginală va fi o lungime de undă, adică tocmai cazul punctului P care era întunecat.

Dacă pentru alt punct al ecranului razele marginale ar avea 3 lungimi de undă diferenţă de mers, ori

şi în general un număr întreg de lungimi de undă, unctele considerate vor fi întunecate. Dacă consi-lerăm alte puncte de pe ecran pentru care razele mar-ginale au o diferenţă de mers de 1/2,3/2,5/2,7/2, etc., adică de un număr nepereche de jumătăţi de undă, ace-e puncte vor fi luminate.

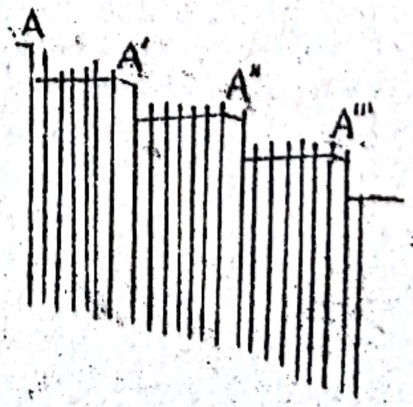
Observăm că se explică foarte bine periodicita-ea dungilor de lumină şi întuneric (dunga este ima-inea orificiului în formă de despicătură foarte în-ustă). Aceste dungi sînt evident simetrice de o par-e şi de alta a proiecţiei directe a_1b_1 a despicătu-ei.

Intre două dungi întunecate succesive trebuie să iste o distanţă astfel încît diferenţa de mers a ra-elor marginale extreme din cazul 1 şi din cazul 2, acă s-ar scădea una pe alta, să dea ca rezultat o ungime întreagă de undă. Se poate deci vedea de aici ă se poate calcula totodată şi lungimea de undă.

Dispersia luminei albe în culori se explică a-um foarte uşor dacă avem în vedere că diferitele cu-ori au lungimi de unde diferite şi deci ceace a onstituit o depărtare de 1/2 de undă pentru o cu-oare şia condus la anularea ei, constituie o undă în-reagă pentru o altă culoare, care apare astfel în-ărită în acel punct.

Dar fenomenul difracţiei nu se obţine numai cu jutorul rantelor ci şi a reţelelor. Astfel, în loc e o singură deschidere de difracţie să considerăm n număr mare de asemenea deschideri înguste, aşeja-e la egală distanţă una lîngă alta. Fenomenele de ifracţie vor apărea astfel mai puternice şi mai fru-oase căci vor interfera între ele razele care au a-eiaşi înclinaţie, de la toate orificiile. Un astfel e sistem de deschideri submilimetrice se numeşte re-ea de difracţie.

In figura alăturată observă o serie de des-hideri separate cu părţi pace. Lungimea unei păr-i transparente plus o parte opacă (AA', A'A", tc) se numeşte constan-a reţelei.



In general o reţea op-că este un sistem de (N) fante înguste, paralele i foarte apropiate ce sînt sgîriate pe o placă de

sticlă. Sgîrieturile formează partea opacă iar spaţiul dintre ele, fantele. Diferenţa de drum (δ) care se produce între două raze difractate în direcţia (θ) de către două puncte omoloage va fi:

$$\delta = C \sin \theta$$

formulă în care C reprezintă constanta reţelei=1/N
Dacă $\delta = k.\lambda$,atunci cele două raze sînt concordante, ceace este valabil pentru toate razele difractate de prima fantă în direcţia (θ) cu razele difractate de fanta alăturată, luate două cîte două. Deasemenea vor fi concordante toate fasciculele difractate de cele (N) fante în aceiaşi direcţie (θ), adică pe ecranul din planul focal al lentilei se obţine un maxim principal mult mai luminos decît în cazul unei singura fante. Maximele sînt cu mult mai dese decît în cazul unei singura fante, însă acolo unde coincid cu maximele date de o singură fantă, considerată separat, sînt foarte întinse şi se numesc maxime principale. Aceste maxime sînt fixe şi poziţia lor poate fi apreciată cu mare precizie.

Dacă observarea se face în lumină albă, poziţia fiecărui maxim principal este diferită puţin pentru fiecare lungime de undă, deoarece (θ) este mai mare pentru roşu decît pentru violet. Ca urmare, fiecare maxim principal devine un spectru de difracţie cu roşu deviat mai mult, spre deosebire de spectrul prizmatic la care violetul este deviat mai mult. Deviaţia fiecărei culori fiind proporţională cu λ , reţelele optice se folosesc în spectroscopie şi pentru determinarea lungimii de undă.

S-au realizat reţele cu 590 fante pe mm, pe o lărgime de 25 cm, fiecare fantă avînd lungimea de 10 cm.

Spectre de difracţie. Dacă lăsăm să treacă prin reţea în loc de lumină monocromatică, lumină albă, vom obţine pentru fiecare culoare în parte, o serie de dungi luminoase, deoparte şi de alta a dungii mediane, albe, de zero. Fiindcă lumina violetă are λ cea mai mică, dunga violetă va apare cea dintîi, după un spaţiu oarecare obscur, de o parte şi de alta a dungii luminoase albe, de incidenţă directă, zero. Vor urma apoi: indigo, albastru, verde, galben, portocaliu, roş. Urmează apoi un spaţiu întunecat, după care urmează iar un spectru ca cel de mai sus, etc. Aşa dar, după dunga mijlocie albă, urmează de o parte şi de alta cîte un spectru, care se numeşte

spectru de ordinul I. După acest spectru urmează iar un spaţiu obscur, apoi iar un spectru de oridnul al II-lea şi a.m.d. Ultimele spectre împietează parţial unul asupra altuia, aşa că culorile sînt amestecate.

Difracţia se obţine deci prin două moduri:
-prin fante (difracţia lui Frauenhofer);
-prin reţele.

De aceea şi spectrele de difracţie se pot obţine tot prin aceste două feluri.

Ranvier arată că se poate obţine spectre de difracţie pentru muşchi datorită striurilor lor transversale atît de regulate, de unde şi numele de miospectroscop dat aparatului care ne arată un astfel de spectru.

Aplicaţii.

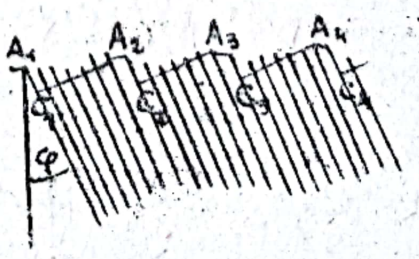
1) La măsurarea lungimii de undă. Acest lucru se poate face cu ajutorul unei reţele de difracţie. Dacă asupra unei astfel de reţele cad raze paralele de o singură culoare şi dacă privim razele paralele, de difracţie A_1C_1, A_2C_2, etc., care fac un unghiu oarecare (φ) cu direcţia fasciculului incident şi pe care le putem concentra cu o lentilă, vom observa că razele se întăresc dacă diferenţa lor de mers A_1C_1, A_2C_2, etc. care sînt egale, vor fi egale cu 1,2,.... ..etc lungimi întregi de undă. Dar diferenţa de mers A_1C_1 este egală cu $A_1A_2 \cdot \sin\varphi$. Căci în triunghiul dreptunghiu $A_1C_1A_2$, una dintre catete (A_1C_1) este egală, aşa cum se ştie din trigonometrie, cu ipotenuza ($C_1A_2 = a$) înmulţită cu sinusul unghiului opus (unghiul din A_2). Acest unghiu este însă egal cu φ ca avînd laturile respectiv perpendiculare una pe alta. Dacă notăm cu a constanta (A_1A_2) reţelei, vom avea:

$$A_1C_1 = a \sin\varphi$$

Dar A_1C_1 este egal cu o lungime de undă în cazul cînd razele se întăresc. Dacă notăm lungimea de undă cu λ, atunci avem:

$$\lambda = a \sin\varphi$$

Aşa dar, pentru a măsura lungimea de undă a unei radiaţii cu ajutorul unei reţele de difracţie a cărei constantă a ne este cunoscută, n-avem decît să măsurăm unghiul φ format de direcţia fasciculului incident (normala la reţea) şi direcţia razelor difractate sub care vedem prima dungă de



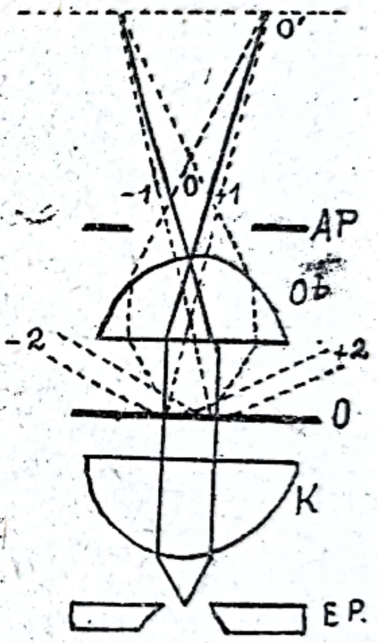
lumină. Aflînd sinusul acelui unghiu şi înmulţindu-l cu constanta a, vom găsi valoarea lungimei de undă căutate.

Cunoscînd lungimea de undă pentru fiecare culoare a spectrului, se poate calcula numărul corespunzător al vibraţiilor (v) prin formula:

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

formulă în care c este viteza luminii în vid.

2) Se explică formarea imaginilor în microscop. In conformitate cu teoria lui Abbé, imaginea în microscop ia naştere ca urmare a fenomenului de difracţie a luminii. In figură este arătat mersul luminii prin preparat (EP=diafragma condensatorului; O= suprafaţa preparatului; K=condensatorul; Ob=obiectivul; AP=suprafaţa posterioară focală a obiectivului). Prin preparat trec razele paralele de lumină. Fiecare preparat prezintă un mozaic de porţiuni cu o densitate şi grosime mai mare sau mai mică, preparatul histologic semănînd astfel cu reţeaua de difracţie în care se alternează dungi de culoare deschisă şi închisă. In microscop fiind vorba de obiecte mai mici decît λ, trecerea razelor nu corespunde cu legile opticei geometrice. O parte din raze deviază din direcţia iniţială formînd în afară de făşia centrală, o serie de făşii laterale (arătate în figură prin linii întrerupte). Făşiile de raze se colectează de către obiectiv în suprafaţa focală posterioară (AP) unde în felul acesta se obţine un spectru de difracţie. In cazul diafragmei rotunde a condensatorului, spectrul prezintă o serie de discuri. Fiecare disc se obţine din compunerea undelor ce merg într-o singură direcţie. Discul central este format de făşia nedeviată şi se numeşte maximum de zero. Razele deviate dela direcţia iniţială paralelă, formează maximurile laterale (de ordinul I, II.... $\pm$ n numărînd dela centru). Spectrul de difracţie se consideră ca o serie de noi izvoare a undelor coherente, interferenţa cărora dă în planul conjugat cu obiectul O_1, imaginea acestui obiect. Exactitatea imaginei, con-



form acestei teorii, depinde de numărul făşiilor (ben-
zilor) de difracţie ce intră în obiectiv. Dacă în o-
biectiv nu nimeresc toate razele difractate de prepa-
rat, sau dacă o parte din făşii se diafragmează in-
tenţionat, imaginea nu va corespunde precis cu obiec-
tul, ceace duce sau la denaturarea sau la pierderea
detaliilor imaginei. Astfel, în cazul iluminării ob-
lice, în apertură nu nimereşte decît o parte din spec-
trù situată de o parte a maximului de zero, fapt care
condiţionează asimetria imaginei. Acelaşi lucru are
loc în cazul cîmpului întunecat cu iluminare oblică.
In cazul întrebuinţării condensatorului cu cîmpul în-
chis cu iluminarea centrală, iese imaginea centrală.

Teoria contrastului de fază elaborată de fizi-
cianul olandez F.Zernike (1935) teorie de care vom
vorbi mai jos, pleacă de la posibilitatea transformă-
rii direcţiei razelor care compun spectrul de difrac-
ţie, în urma cărui fapt se schimbă şi imaginea obiec-
tului.

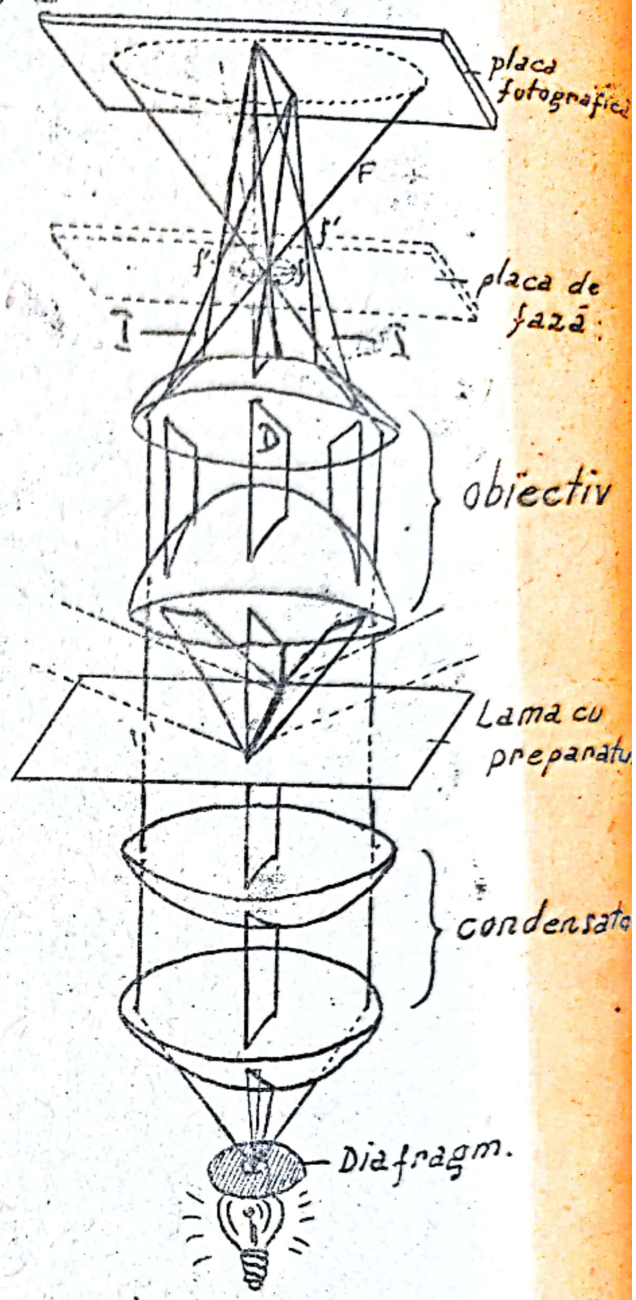
Microscopul prin contrast de fază.

Teoria contrastului de fază este foarte compli-
cată aşa că nu ne vom opri decît asupra sensului fizic
al microscopului bazat pe acest principiu.

Lumina trecută prin obiectiv este strînsă într-
un mănunchi convenabil ce corespunde focarului obiec-
tivului. Aci se formează imaginea micşorată a dia-
fragmului iris. Dincolo de acest focar, fasciculul
devine divergent. Deoarece ocularul nu modifică cu
nimic fenomenele descrise, el nu intră ca factor im-
portant în ce priveşte fenomenle ce vor urma şi dea-
ceea el este omis în mod intenţionat.

Dacă presupunem un bacil necolorat aşejat în-
tr-un mediu apos, el este aproape tot aşa de străve-
ziu aşa că nu se poate vedea. Totuşi el are un indi-
ce de refracţie ceva mai mare, adică lumina trecută
prin el se propagă ceva mai încet decît cea care tre-
ce prin mediul apos. Această lumină formează fasci-
culul central îngust direct (D) ce ajunge şi el în
focarul obiectivului şi cade apoi pe porţiunea co-
respunzătoare imaginei bacilului pe placa fotografi-
că. Dar se mai întîmplă un fenomen fără de care nu
este posibilă formarea imaginilor: lumina ce cade pe
obiect (bacil) suferă fenomenul difracţiei. Intr-un
microscop bun aceste fascicule indirecte (I) sînt
prinse în cea mai mare parte de obiectivul microsco-
pului, sînt strînse în focare secundare (f') în pla-

nul focal al obiectivului şi trimise apoi pe aceiaşi porţiune a plăcii fotografice pe care a căzut şi fasciculul direct (D), adică pe imaginea obiectului. Fasciculul indirect are o intensitate luminoasă cu mult mai mică decît cel direct. Impreună însă, fac ca să se producă aceiaşi lumină ca şi fondul care este luminat de fasciculul F şi astfel cîmpul fiind uniform luminat, obiectul nu poate fi văzut. De aceea se colorează bacilul, scăzînd astfel intensitatea fasciculelor D şi I şi obiectul ne apare colorat.



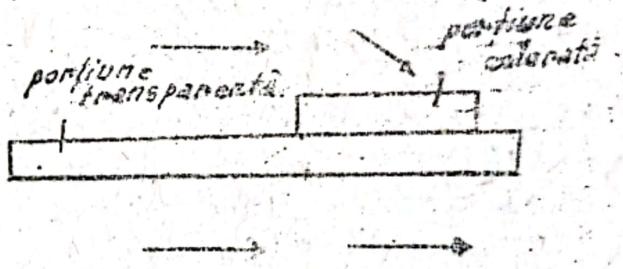
Ideea de a produce vizibilitatea unui obiect altfel decît cea a colorării, este veche. La 1882, Toepler a pus în dreptul focarului principal f al fasciculelor D şi F un mic ecran opac, care opreşte complet fasciculele D şi F şi lasă să treacă numai fasciculul indirect. In interiorul imaginii rămîne numai fasciculul indirect care duce la formarea unei imagini luminoase pe fondul întunecat. Metoda numită strioscopică sau a fondului întunecat, nu este totuşi suficient de sensibilă căci prin pierderea razelor directe, se pierde majoritatea razelor incidente şi obiectul ne apare foarte puţin luminos.

Din cele expuse anterior la microscopie a reeşit că pentru examinarea obiectelor transparente se utilizează o serie întreagă de artificii, ca: limitarea fasciculului luminos cu ajutorul diafragmului iris pentru a face vizibile diferenţe de refringenţă, întrebuinţarea luminatului oblic pentru a ne da seama de reliefuri sau concavităţi, de examenul pe fond negru prin

luminare laterală a obiectelor şi întrebuinţarea de r.u.v., amîndouă folosite pentru a creşte puterea de rezoluţie, etc.

Dacă diferenţele dintre părţile vecine ale unei structuri (de ex. celula bacteriană) sînt mari, atunci procedeele utilizate şi arătate mai sus se dovedesc suficiente. Însă cum în marea lor majoritate este vorba de examinat obiecte ce nu au această proprietate, trebuie să facem vizibil un preparat la microscop, fapt pentru care există două căi complet deosebite:

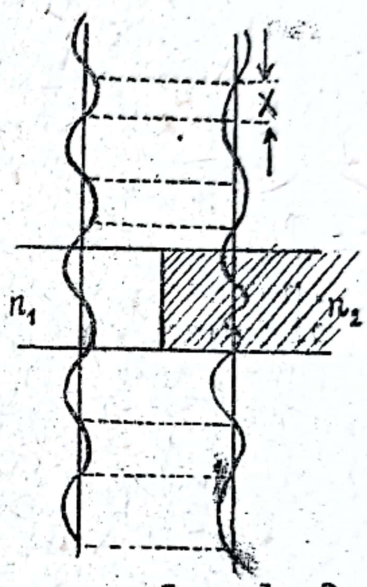
1) Contrastul se poate mări (percepe) printr-o intervenţie asupra obiectului. Cîmpurile de desime optică deosebită sînt transformate în cîmpuri de absorbţie deosebită, prin colorare. Deci în aceste preparate (de primul tip) părţile care lasă să treacă lumina se alternează cu porţiuni care o lasă să treacă mai greu. In figura alăturată este arătat sub forma diagramei vectoriale, mersul luminei printr-un preparat de acest fel. Lungimea vectorului indică mărimea amplitudinei oscilaţiei. Prin preparat trece o făşie de raze paralele monofazice cu amplitudini (intensităţi) egale. Deasupra părţilor transparente ale preparatului intensitatea luminii aproape nu se schimbă, în timp ce asupra porţiunii mai puţin transparente (colorate), intensitatea este mai mică decît cea iniţială. In întregime, locurile colorate par mai întunecate iar cele necolorate, luminoase. Preparatul are astfel un contrast bun.



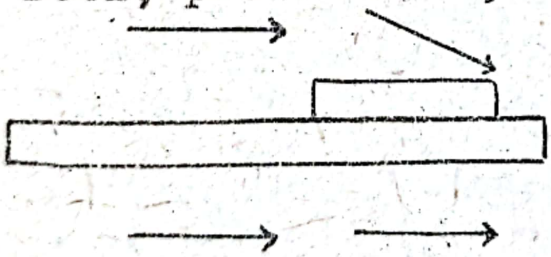
Metoda are marele dejavantagiu că obiectele vii terbuiesc omorîte; numai în cazuri foarte rare se reuseşte colorarea lor menţinîndu-le în viaţă (colorarea vitală) şi totodată de a se obţine contraste bune (îndestulătoare).

2) Spre deosebire de aceasta, lucrurile stau cu totul altfel cînd avem de a face cu obiecte transparente care transmit integral lumina primită şi care prin urmare sînt greu de pus în evidenţă prin luminatul central (cazul obiectelor de al doilea tip). Aceste obiecte deşi au grosimi şi densităţi optice diferite în diferite porţiuni, au însă capacităţi practic egale de a lăsa să treacă lumină. Amplitudinea (intensitatea) luminii care a trecut prin astfel de obiecte rămîne aproape nemodificată şi egală în

toate porţiunile sale. Deoarece aceste porţiuni au grosimi diferite, ia naştere diferenţa de trecere, adică razele deasupra porţiunilor subţiri şi groase ale preparatului se deosebesc prin fazele lor. Noţiunea de fază se leagă de faptul că lumina îşi micşorează viteza cînd trece dintr-un mediu de refracţie slab în alt mediu cu indice de refracţie mai mare. La ieşirea lor din structura mai refringentă, razele luminoase vor prezenta o decalare (o diferenţă) de fază faţă de cele care trec prin structurile mai refringente şi invers, din cauza diferenţei de drum ivite. Astfel, alăturat se vede producerea diferenţei de fază (x) la trecerea razei de lumină prin două medii transparente de aceiaşi grosime, dar de indici de refracţie diferiţi. Această diferenţă de fază nu se percepe de ochiul uman şi astfel porţiunile de diferite grosimi şi densităţi optice, se prezintă la fel şi preparatul ne pare clar.



Deci, prezentînd şi aci fenomenul sub forma unei diagrame vectoriale, se constată că amplitudinile luminei sînt egale, deasupra porţiunilor îngroşate se schimbă însă faza.

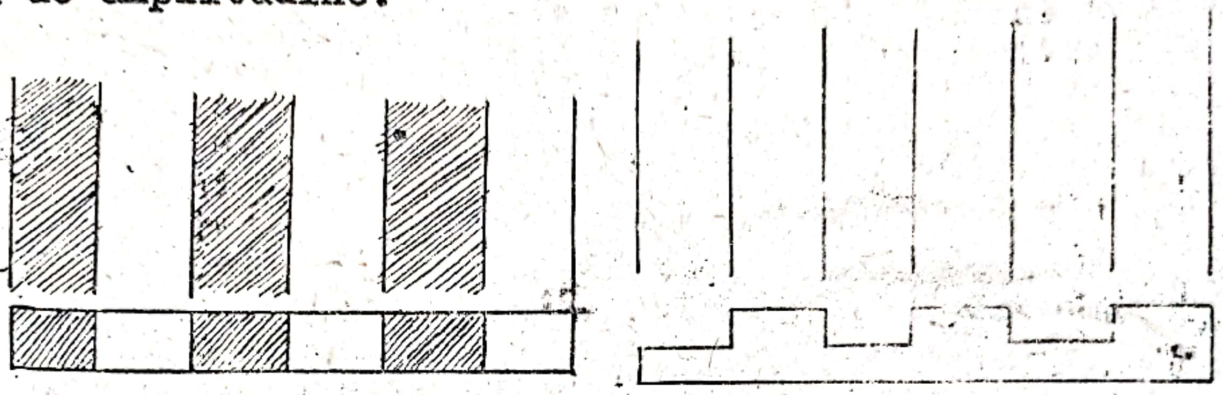


Majoritatea celulelor vii intră în această de a doua categorie.

Pe scurt, pentru obiectele colorate sau opace este vorba de o diferenţă de absorbţie uşor perceptibilă de ochiul nostru, în timp ce pentru obiectele transparente este vorba de o diferenţă de amplitudine a oscilaţiilor neperceptibilă de ochi.

Pentru a ilustra aceste fapte vom lua exemplul unei reţele care prezintă dungi absorbante, luminoase şi întunecate dar de aceiaşi grosime şi care se numeşte reţea de amplitudine. Cu un obiectiv destul de puternic şi cu o apertură numerică corespunzătoare, se pot observa striurile acestei reţele.

Dacă reţeaua de examinat este incoloră, adică dacă dungile nu diferă decît prin grosimea lor, vom spune că avem o reţea de fază alcătuită dintr-o succesiune de cavităţi şi reliefuri pe o lamă de sticlă. Obiectivul microscopului va forma o imagine corectă a acestei reţele, dar ochiul nostru nu va putea să o perceapă prin faptul că este o imagine de fază şi nu de amplitudine.



reţea de amplitudine (intensitate)

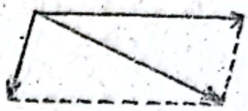
reţea de fază

Metoda microscopică prin contrast de fază are drept scop de a face să varieze contrastele în imagini în sistemul optic al microscopului, utilizînd diferenţele de absorbţie şi de viteză a razelor luminoase. Se pot transforma astfel atît variaţiile de indici de refracţie a diverselor structuri ale obiectelor transparente cît şi cele de grosimi, în variaţii de intensitate luminoasă. Contrastul de fază se va transforma în contrast de amplitudine ce este perceptibil ochiului. Deci principiul contrastului de fază este acela al transformării diferenţelor fazice invizibile, în deosebiri de amplitudine sau de intensitate luminoasă vizibile, deasupra porţiunilor de grosimi inegale.

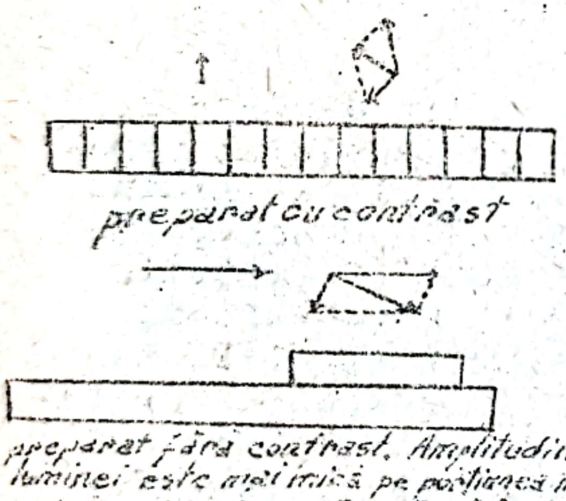
După F.Zernicke, diferenţa de fază poate fi transformată în diferenţă de amplitudine, influenţînd o parte a imaginei iniţiale cu ajutorul unei lame "sfert de undă". Această lamă are grosimea calculată astfel încît lumina care o traversează se defazează cu un sfert de lungime de undă. La apariţia imaginei secundare, razele care au străbătut lama sfert de undă, interferează cu cele ce nu au străbătut lama. Se obţin astfel maxime şi minime parţiale. Aceasta înseamnă că diferenţa de fază datorită diferenţei de

drum a fost transformată în diferenţă de amplitudine deci de intensitate luminoasă. Amănuntele unui obiect care nu prezentase mai înainte contraste în lumina obişnuită, devin vizibile din cauza interferenţei provocată cu ajutorul lamei sfert de undă.

Vectorul deasupra porţiunii îngroşate poate fi descompus în două componente, cu care ocazie una dintre componente este egală ca mărime şi fază cu vectorul deasupra porţiunei subţiri.

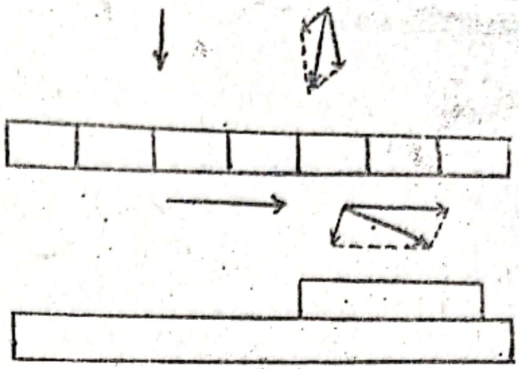


Componenta mare alături de vectorii de deasupra porţiunilor subţiri reprezintă razele ce nu au deviat de la direcţia iniţială, care formează maximum de zero al spectrului de difracţie. Componenta mai mică intră în compoziţia maximului lateral, ca una care a deviat în fază. In planul focal posterior al obiectivului se găseşte o placă, numită placa de fază, ce acoperă maximum de zero, micşorînd pe jumătate intensitatea sa şi modificînd faza de oscilaţie cu 90^0. Din grafic se vede că efectul va fi diferit în dependenţă de aceea dacă are loc reţinerea în faza de 90^0 sau schimbarea pozitivă a fazei cu 90^0 (ceea ce corespunde cu reţinerea de 270^0). In al doilea caz, aşa cum se vede în figură, rezultanta a doua este cu mult mai mică decît amplitudinea luminii asupra porţiunii subţiri a preparatului. Dacă intensitatea luminii asupra porţiunei subţiri este mai mare, ea ni se prezintă mai luminoasă pe cînd asupra porţiunii mai groase este mai mică şi ni se pare astfel mai întunecată. Efectul de acest fel poartă numele de contrast de fază pozitiv şi ne dă o imagine precisă a obiectului distingînd părţile optic compacte şi îngroşate ale obiectului cu ajutorul culoarei închise.



Se obţine un alt tablou dacă în planul spectrului de difracţie se introduce o placă fazică care menţine razele maximului de zero. Rezultanta noii descompuneri este în acest caz mai mare decît amplitudinea luminii asupra porţiunii subţiri a preparatului. Preparatul a devenit cu contrast însă în

sens negativ; porţiunile mai îngroşate şi optic mai compacte par mai luminoase şi cele subţiri mai întunecate.



În rezumat, principiul şi tehnica elaborată de Zernicke sînt foarte simple: se introduce în planul focal posterior al obiectivului placa de fază ce este o lamă planparalelă confecţionată dintr-un material transparent mai îngroşată sau mai subţiată la mijloc. Rezultatul acestei modificări este defazarea, adică întîrzierea undelor luminoase.

Cînd placa de fază este mai groasă la mijloc, întîrzie undele fasciculului I faţă de fasciculele F şi D. Ca urmare a acestei întîrtieri, acţiunea fasciculelor D şi I în loc să se adune (ceace se întîmplă fără această placă), se scad şi deci acţiunea comună a razelor ce luminează obiectul este mai mică decît cea a fasciculului fondului (F). Apare un contrast: o diferenţă de luminozitate. Deci obiectul de cercetat apare întunecat pe fondul luminat. Metoda este numită contrast de fază negativ (este numită contrast de fază fiindcă contrastul este provocat de o schimbare de fază). Dacă părţile din mijloc a plăcii de fază se acoperă cu un strat subţire întunecat absorbant pentru lumină (strat metalic subţire ce produce întîrzierea şi slăbirea fasc. F şi D), şi dacă slăbirea a fost aleasă astfel încît fasc. D şi I să aibă aceiaşi intensitate, fasciculul resultant D-I are intensitatea nulă şi obiectul apare complet întunecat pe un fond slab luminat căci şi fasciculul F este redus ca intensitate. Totuşi pierderea de lumină este mult mai mică decît cea a cîmpului întunecat (contrast de fază negativ).

Dacă placa de fază are o adîncitură la mijloc în loc de îngroşare, în acest caz obiectul ne apare luminat pe un fond întunecat (contrast de fază pozitiv).

Diafragma ca şi ridicătura sau adîncitura de pe placa de fază sînt de obicei inelare. Defazarea se realizează de cele mai multe ori prin alte procedee decît îngroşarea sau subţierea. De multe ori, placa de fază formează un tot cu obiectivul, alteori placa de fază permite variarea fie a defazării, fie a ab-

sorbţiei, fie a smîndorura. Principiul însă, rămîne acelaşi.

Pentru executarea practică a acestei metode serveşte placa de fază care se aşează în apropierea planului focal al obiectivului şi care trebuie să acopere exact lumina directă a sursei de lumină. Din această cauză placa şi sursa de lumină trebuie să corespundă exact în ceace priveşte forma şi mărimea şi cum forma cea mai adecuată s-a dovedit a fi cea de inel, un alt procedeu pentru realizarea contrastului de fază constă în acoperirea izvorului luminos cu o placă neagră ce are un inel subţire şi transparent, numit inel de fază. Lumina trecînd prin inel, luminează indirect obiectul fără contraste, iar interferenţa realizată prin difracţie, provoacă prin maximele şi minimile produse, apariţia contrastului. Obiectul devine astfel vizibil la microscop în toate amănuntele sale, fără colorare.

Placa de fază este vizibilă dacă se priveşte din partea posterioară în obiectiv. Obiectivele dotate cu plăci de fază sînt indicate cu un "Ph" gravat în roşu.

Microscopul Zeiss pentru contrastul de fază este prevăzut cu obiective speciale acromate (Ph 10/0,25; 42/0,85 şi 90/1,30) care conţin în interiorul lor centrat pe axul optic, cîte o placă de sticlă cu un şanţ circular de o adîncitură determinată (inel de fază sau placă de fază). Pentru fiecare din aceste obiective este necesară o difragmă circulară ca diafragmă de condensator, care, pentru a fi schimbate cu uşurinţă, sînt aranjate pe un revolver mobil ce se găseşte sub condensatorul special. Deoarece difragmele trebuie să fie capabile de a fi centralizate pentru ca imaginea lor să corespundă exact cu platanul de fază, revolverul este prevăzut cu un mîner ce se poate manevra uşor şi care este la îndemînă.

Cînd aparatul este bine pus la punct, imaginea deschiderii circulare a diafragmului trebuie să se formeze în şanţul plăcii de contrast din obiectiv. Pentru a pune la punct iluminarea inelului de fază şi a obţine astfel contrastul de fază, ne servim de un ocular special telescopic tip lunetă, care se montează în locul ocularului obişnuit. Examenul prin con-

trast de fază se face cu oculare obişnuite care înlocuiesc ocularul de control ce serveşte numai pentru punerea la punct a iluminării.

Obiectivele speciale ale microscopului prin contrast de fază pot fi folosite şi la examenele curente în lumină normală.

Principiul interferenţei care se găseşte la baza microscopului cu contrast de fază nu se limitează la lungimile de undă vizibile; aceleaşi fenomene au loc şi în cazul iluminării cu r.u.v. Modificările fazelor acestor unde pot fi deasemeni transformate în schimbări de amplitudine care cu toate că nu sînt prinse de ochiul uman, dau însă un tablou clar pe o peliculă fotografică. Astfel contrastul de fază poate fi montat cu susces în optica de cuarţ, fapt care măreşte simţitor posibilitatea mărimilor ultramicroscopice. Locurile de absorbţie se deosebesc uşor de structuri care se scot la iveală cu ajutorul contrastului de fază. Pentru aceasta trebuiesc comparate două clişee: unul făcut cu microscopul obşnuit cu raze u.v. şi altul dat de microscopul prin contrast de fază.

Contrastul de fază nu este o metodă universală de cercetare microscopică căci principiul transformării diferenţelor de fază în diferenţe de amplitudine se realizează numai în cazul în care avem de a face cu un strat monocelular. Dacă celulele sînt aşejate în mai multe straturi, locurile diferitelor densităţi optice şi de diferite grosimi se acoperă unele pe altele, astfel că schimbarea fazei nu va corespunde cu celula examinată. Schimbarea fazei nu corespundă cu o porţiune luată separat ci cu suma straturilor celulare ce sînt aşejate mai sus sau mai jos. Acesta este neajunsul de bază al metodei.

Cu toate acestea, pentru formele izolate, metoda contrastului de fază dă rezultate incomparabil mai bune şi mai preţioase decît colorarea care omoară sau alterează preparatul. Obiectele ce se pot vedea prin această metodă sînt: sîngele, diferitele lichide din cavităţi şi exudatele cu celule suspendate în ele, lumea vastă a protozoarelor, etc.

Aplicaţii în medicină.

Din această cauză, microscopul prin contrast de fază este folosit în histologia normală (studiul activităţii vitale a elementelor celulare în cultura tisulară, observarea structurii citoplasmatice şi

cercetarea momentelor izolate ale activităţii vitale ale celulei), în cea patologică şi bacteriologie. Astfel în acest domeniu microscopia prin contrast de fază dă imagini foarte bogate în detalii a obiectelor necolorate sau vii şi este folosită în studiul citologiei bacteriilor, a fenomenului de bacteriofagie, a urmării efectului diferitelor antibiotice asupra bacteriilor. Se poate cerceta şi diferenţele dintre protoplasma vie şi cea obţinută după fixare şi colorare.

Lanţul de procese necesare pentru formarea firelor de fibrină este bine urmărit. Se stie că în coagularea sîngelui un rol mare este jucat de trombocite. A fost demonstrat că acestea sînt purtătorii trombokinazei, un ferment care mijloceşte trecerea protrombinei din sînge, în trombină. Rămîne neclarificată problema referitoare la morfologia coagulării: dacă firele de fibrină se formează direct din plasmă şi care este rolul elementelor sangvine în acest proces. La observarea unei picături de sînge la microscopul prin contrast de fază, paralel cu celelalte elemente figurate se observă bine şi trombocitele vii. S-a observat că acestea nu sînt identice din p.d.v.morfologic ci se împart în două: plăcuţe cu 2-3 granule şi care după reacţia de colorare se numesc cromomere azurofile şi trombocite lipsite de structură, numite hialomere, cu limite ce se văd mai clar. După cîteva minute dela punerea sîngelui pe lamă, hialomerii lansează formaţiuni în formă de ace, ce cresc foarte repede şi ajung pînă la 100 μ. Se pare că hialomerii elimină astfel fibre de fibrină, însă nu este mai puţin verosimilă presupunerea că fibrina se formează din elementele plasmei sangvine ce se concentrează pe suprafaţa trombocitelor.

In alte domenii se utilisează pentru studiul stării coloidale, verificarea indicilor de refracţie, studiul fibrelor sintetice, etc.

Cu ajutorul acestei metode se pot studia deci fiinţele vii şi avantagiul ei imens constă în faptul că se pot cerceta fenomenele ce se desfăşoară în timp neinfluenţînd cu nimic fenomenul de cercetat.

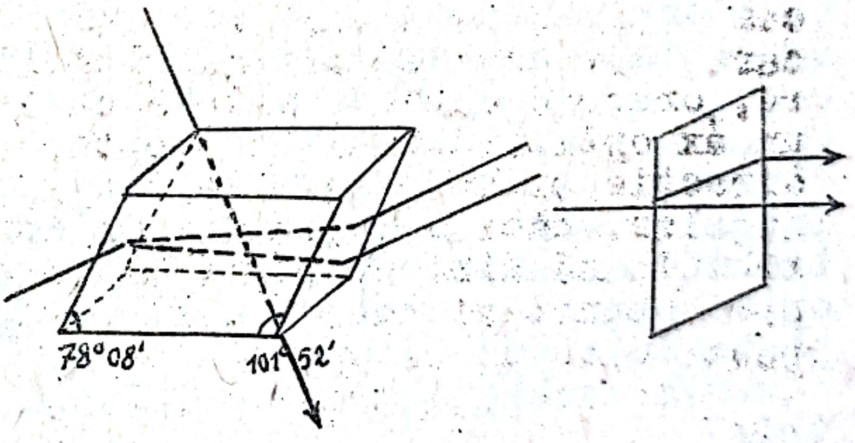
S-a putut cerceta jocul cromozomilor în timpul diviziunei celulare. Se observă viruşări, bacteriofagi. (S-au pus în evidenţă unele deosebiri între microorganisme care scapă oricărei tehnici de cercetare (de ex. bacteriile de lepră).

Fenomenul de dublă refracţie.

Substanţele transparente cristaline nu prezintă toate proprietăţile optice atît de simple ca şi corpurile amorfe (izotrope sau monorefringente) care aŭ o elasticitate optică egală în tóate direcţiile. Dintre corpurile cristaline, numai cele cristalizate în sistemul cubic (diamantul) prezintă aceleaşi fenomene ca şi corpurile amorfe (sticla), toate celelalte prezentînd fenomene aparte. Astfel dacă trecem un fascicul incident prin oricare alt sistem de cristalizare, vedem că dintr-un singur fascicul, apar două fascicule emergente, fenomen numit birefringenţă.

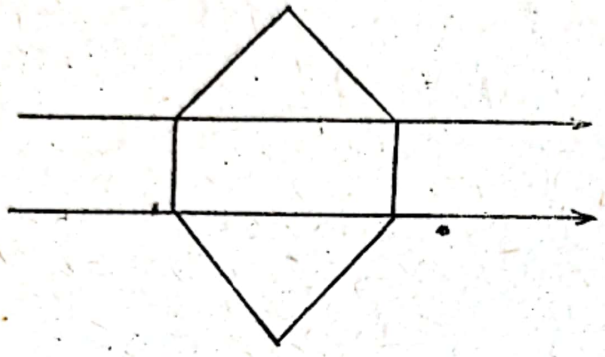
Dintre cristalele care prezintă acest fenomen, cel mai net se percepe la calcită sau spatul de Islanda (CO_3Ca) care cristalizează în sistemul hexagonal. Deoarece aceşti cristali se găsesc frecvent în natură, nu este de mirare că fenomenul birefringenţei a fost descoperit de mult timp (Erasme Bartholin 1670).

Cristalele spatului de Islanda se prezintă sub formă de romboedri, ale căror feţe sînt romburi cu unghiuri de $101^{\circ},52'$ şi de $78^{\circ},8'$. Dacă fasciculul incident este destul de îngust şi cristalul destul de gros, se obţin foarte net cele două fascicule emergente. Chiar în cazul cînd fasciculul incident este normal pe faţa cristalului, adică unghiul de incidenţă este nul, fasciculul emergent suferă aceiaşi bifurcare. Lumina refractată împărţindu-se astfel după două direcţii, este evident că nu amîndouă razele căzînd sub unghiuri diferite, se vor supune legilor refracţiei deja pomenite. Unul din cele două fascicule este prelungirea celui incident, iar celălalt este astfel deviat încît unghiul său de refracţie diferă de zero. Din cauza acestor considerente, primului fascicul fiindcă se supune legilor refracţiei, este numit rază ordinară, iar pentru cel care nu respectă aceste legi, i s-a dat numirea de rază



extraordinară. Punînd de ex. un cristal (romboedru) de spat de Islanda peste o foaie de hîrtie imprimată, vor apare prin transparenţă, literele în dublu.

Deosebirea devierilor celor două raze arată că acestea au indici de refracţie diferiţi din cauză că viteza de propagare a luminii în cristalele anizotrope depinde de direcţia de propagare. Studiind fenomenul pentru diferite direcţii, se constată că în spatul de Islanda există o anumită direcţie dealungul



căreia ambele raze refractate au acelaşi indice de refracţie, adică dealungul căreia razele se propagă fără a se biburca şi au aceiaşi viteză ca şi în cazul unui mediu izotrop. Această direcţie este paralelă cu diagonalele care unesc unghiurile obtuze ale romboedrului. Prin convenţie ea se numeşte axa optică a cristalului. Pentru a face un astfel de ax trebuie să se slefuiască două colţuri, astfel ca suprafeţele formate să fie normale pe această direcţie. In acest caz un fascicul trece prin cristal fără bifurcare, iar dacă suprafaţa slefuită este destul de mare, orice dreaptă paralelă cu această direcţie este un ax optic. Astfel axul optic reprezintă o anumită direcţie şi nu o anumită linie, ceace este uşor de înţeles, căci diferitele porţiuni ale cristalului trebuie să aibă proprietăţi identice. Aşa dar, prin orice punct al unui cristal de spath de Islanda se poate duce un ax optic.

In aceiaşi grupă cu spathul de Islanda mai intră:

-turmalina (borosilicat de aluminiu + puţin fier, magneziu şi mangan) cristalizată în sistemul hexagonal şi colorată în roz sau verde şi care sub o grosime convenabilă (1 mm) absoarbe fasciculul ordinar şi nu este traversată decît de cel extraordinar;

-herapatita (iodosulfat de chinină) dela numele mineralogului care a descoperit-o (W.B.Herapath 1852) posedă acelaşi fenomen sub o grosime şi mai mică.

Toate aceste cristale au indicele de refracţie ordinar mai mare decît cel extraordinar, deci sînt mai transparente pentru fasciculul ordinar decît pentru cel extraordinar.

Există o altă grupă de cristali care au indicele ordinar mai mic decît cel extraordinar, prezentînd astfel fenomenul de birefringenţă în sens invers. Ca exemplu avem cuarţul afumat care se lasă traversat de fascicolul ordinar şi absoarbe pe cel extraordinar.

In toate aceste cazuri, fiindcă una din raze se supune legilor refracţiei, formează marea grupă a corpurilor birefringente uniaxe, fie negative (prima grupă), fie pozitive. Cristalele uniaxe au o singură direcţie cu proprietăţile axei optice pentru care ambele raze au aceiaşi viteză. In grupul cristalelor uniaxe intră cristalele din sistemul exagonal şi tetragonal.

Mai există o categorie de cristali şi anume cristalii birefringenţi biaxi, a căror amîndouă razele refractate nu se mai supun legilor refracţiei. Cristalele care au două direcţii după care se produce birefringenţa aparţin sistemelor de cristalizare nesimetrice: rombic, monoclinic, triclinic. In această categorie ca prototip avem topazul.

Cristalele dicroice. Dacă lama de turmalină este mai groasă de 1 mm, raza ordinară este complet absorbită pentru lumina vizibilă, aşa că avem o singură rază emergentă care este polarizată. Deoarece şi raza extraordinară prezintă absorbţii pentru anumite lungimi de undă, turmalina apare colorată, ea fiind deci şi polarizor şi filtru, dînd numai lumină galben-verzuie, roşcată, etc. după varietatea cristalului.

Absorbţia diferenţiară are ca efect că, privind din diferite direcţii, cristalul apare colorat diferit, fenomen numit dicroism.

Polaroizi. Substanţele dicroice au căpătat în ultimul timp o importanţă practică prin inventarea polaroizilor, formaţi din lame subţiri de cristale dicroice. O peliculă de iodochinină de 0,1 mm. grosime absoarbe practic complet una din cele două raze şi este un polarizor perfect chiar în straturi atît de subţiri.

Polaroizii se întrebuinţează la ochelarii de soare.

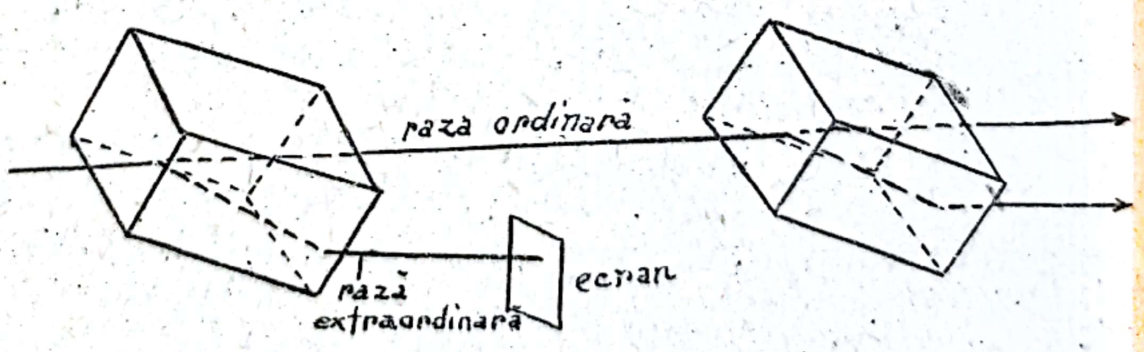
Polarizarea luminei.

Lumina naturală este caracterizată în mod experimental prin faptul că reflectată, refractată sau birefractată, are o intensitate care rămîne independentă de orientarea lamei refractante sau reflectante.

In anumite condiţiuni însă, lumina se poate comporta altfel şi anume, marchează variaţii de intensitate după orientarea corpului reflectant sau refractant. Ea nu mai este în acest caz naturală sau neutră ci se spune că este polarizată.

Deci: lumina este neutră sau naturală atunci cînd, transmisă printr-un corp birefringent dă două raze refractate care nu marchează nici o variaţie de intensitate iar atunci cînd refractatele sufăr variaţii de intensitate, este polarizată. Mai admitem că polarizarea este parţială cînd nu se observă decît variaţii de intensitate fără extincţii şi că este totală atunci cînd fiecare dintre cele două raze refractate trece prin două extincţii şi prin două maxime de luminozitate în timpul unei rotaţii complete a corpului birefringent.

Experienţă: Să aşezăm unul lîngă altul, doi cristali grei de spath. Un fascicul de lumină căzînd normal pe primul spath, se dedublează dînd o rază ordinară care-şi continuă drumul şi o rază extraordinară pa-



ralelă cu prima la eşirea din cristal. Pe aceasta din urmă o mascăm cu ajutorul unui paravan. Facem să cadă raza ordinară din nou normală pe un al doilea spath. Si de această dată raza se va dedubla, observîndu-se pe un ecran cele două pete de lumină date de cele două raze. Dacă învîrtim cel de al doilea spath în jurul direcţiei fasciculului luminos (axei optice) se

vede că raza extraordinară se învîrte în jurul celei ordinare şi în acelaşi timp se mai observă că cele două pete pălesc şi dispar pe rînd pe măsură ce cristalul se învîrteşte. Dacă secţiunile principale ale cristalelor sînt paralele, pata razei ordinare are strălucirea maximă şi a celei extraordinare este invizibilă. Dacă sînt perpendiculare, pata ordinară dispare şi cea extraordinară are strălucirea maximă.

Dacă repetăm experienţa mascînd fasciculul ordinar studiindu-l pe cel extraordinar, constatăm rezultate absolut analoage numai că de data aceasta pata razei ordinare se depărtează de secţiunea principală şi dispare atunci cînd secţiunile principale sînt paralele şi pata extraordinară dispare cînd secţiunile sînt perpendiculare.

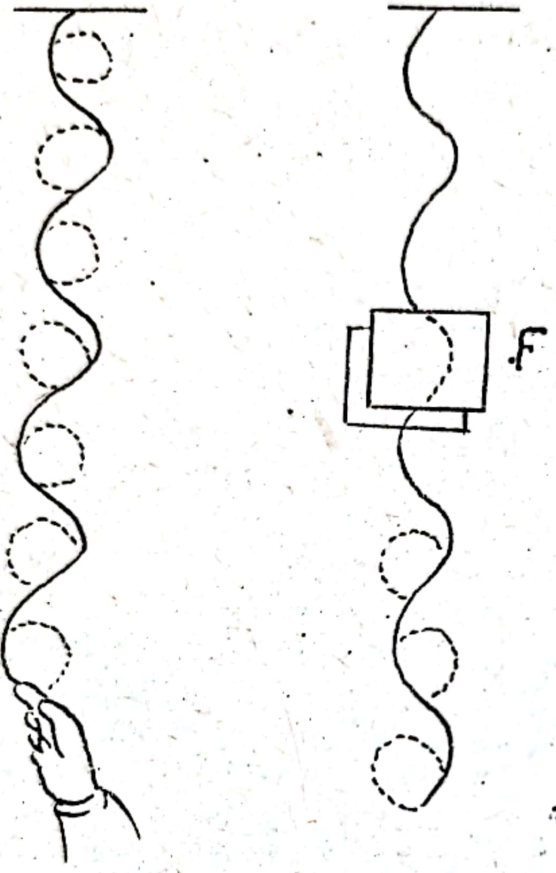
Dacă fenomenele studiate pînă acum au dovedit natura ondulatorie a luminii, nu s-a putut vedea însă dacă aceste ondulaţii sînt longitudinale sau transversale. După teoria lui Huygens, lumina se datoreşte mişcărilor vibratorii de forme şi poziţii diferite pe care le execută particulele de eter. In cazul luminii polarizate, particulele execută vibraţii rectilinii şi paralele între ele, situate deci într-un singur plan, iar fenomenele de polarizare pe care le vom studia ne dovedesc că vibraţiile, adică propagarea luminii, constă în ondulaţii transversale.

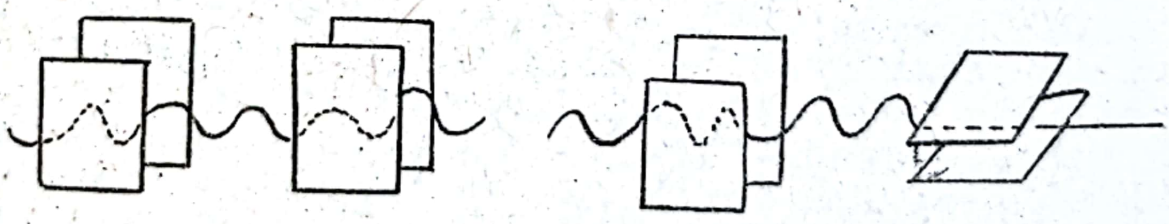
Aşa dar, lumina polarizată se mai poate defini şi astfel : este lumina care se propagă într-un singur plan.

Dovada care a făcut-o fenomenul polarizării că lumina se propagă într-un singur plan (că este o ondulaţie transversală) a cauzat mari dificultăţi în ce priveşte concepţia lui Huygens asupra eterului. In adevăr, vibraţii transversale nu posedă decît mediile solide, aşa că eterul ar trebui să fie şi el solid. In acelaşi timp trebuie să fie şi perfect elastic ca să permită propagarea extrem de rapidă a ondulaţiei. Dar cum pe de altă parte materia trebuie să străbată eterul fără nici o piedică ca şi cum ar fi un mediu extrem de fluid (deci fără masă), rezultă o contradicţie pe care nici o ipoteză ca aceea a unei gelatine elastice şi moale, păcură vîscoasă, etc. n-a putut-o înlătura. De aceea a fost nevoie să se abandoneze teoria eterului şi să se

admită teoria electro-magnetică.

Materializarea fenomenului de polarizare. Să presupunem un tub de cauciuc lung suspendat vertical. Dacă se imprimă o mişcare vibratorie rotatorie la capătul inferior liber, această mişcare se va propaga în tot lungul tubului care va fi animat de unde transversale, dar fiecare punct al tubului va descrie o circomferinţă prin oscilaţia lui, vibraţiile neefectuîndu-se însă în acelaşi plan. Spunem că sînt unde nepolarizate. Putem transforma undele nepolarizate în unde polarizate astfel : intercalăm în lungul tubului o deschidere strîmtă făcută între două plăci de lemn. Dacă producem mişcări vibratorii circulare la capătul liber, constatăm că undele nepolarizate de transformă prin existenţa fantei, în unde polarizate. Fanta (F) care a polarizat vibraţiile este polarizor al undelor tubului. Dacă acum introducem tubul nostru într-un al doilea sistem de fantă analog cu primul, vibraţiile



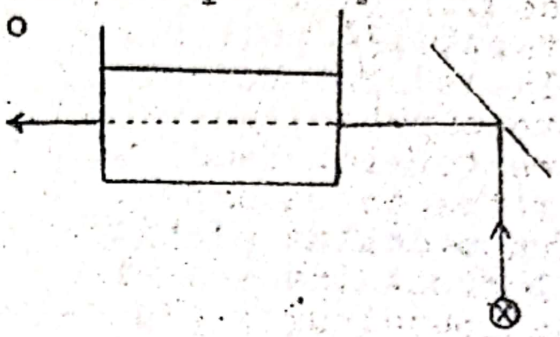


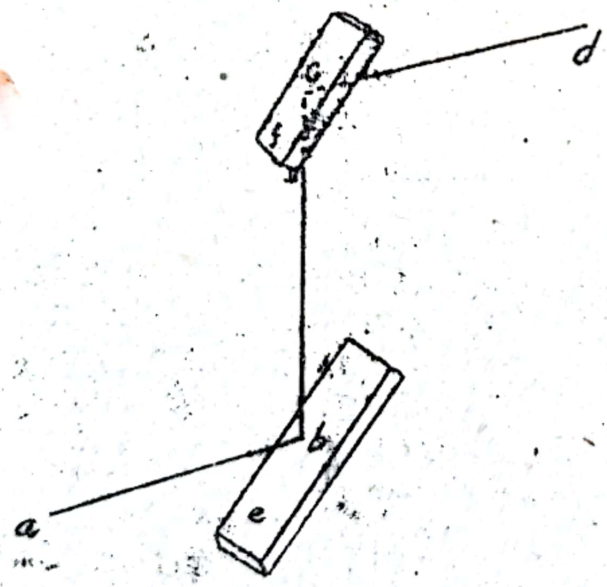
trec mai departe. Dacă însă sistemul este aşezat perpendicular pe primul, aşa ca în figură, le va stinge complet.

Procedeele de a polariza lumina sînt :

- reflexie simplă ;
- refracţie simplă ;
- dublă refracţie ;
- absorbţie selectivă (dicroism).

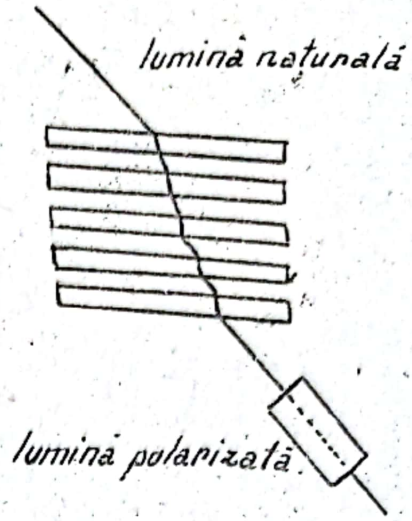
1.- Prin reflexie simplă. Se poate căpăta o polarizare parţială crescînd unghiul de incidenţă al unui fascicul. Pentru un anumit unghi se poate obţine chiar o polarizare completă. Valoarea unghiulară de incidenţă la care se obţine acest lucru, depinde de substanţa din care este făcută oglinda. Astfel pentru oglinda obişnuită este de cca. 57°. Fenomenul se poate proba prin următoarea experienţă: lăsăm să cadă o rază de lumină pe o oglindă sub un unghi de 57° (raza perpendiculară pe planul figurei) şi apoi printr-un vas cu apă tulbure. Privind apa din vas, observăm că privind dintr-o parte difuziunea luminii este mare (ne apare o bandă relativ strălucitoare) iar de sus, nu se poate percepe drumul prin apă. O altă experienţă este cea a lui E.Malus care la 1808, primul, descoperă fenomenul polarizării : un fascicul luminos cade pe o oglindă de sticlă (e) sub un unghi de incidenţă de cca. 55°. Se obţine o rază reflectată care prezintă proprietăţile luminii polarizate (raza bc). Cînd această rază cade asupra altei oglinzi (f) care este pararelă cu prima, atunci are loc o nouă reflexie. Dacă însă oglinda (f) este rotită în jurul axei verticale (direcţia bc) în aşa fel ca normala ei să facă un unghi de 90° cu normala oglinzii (e), în acest caz reflexia nu mai are loc şi raza (cd) nu mai există. In orice altă poziţie intermediară a celor două oglinzi, reflexia are loc, dar intensitatea radiaţiei reflectate este mai mult sau mai puţin scăzută, după unghiul celor două oglinzi.



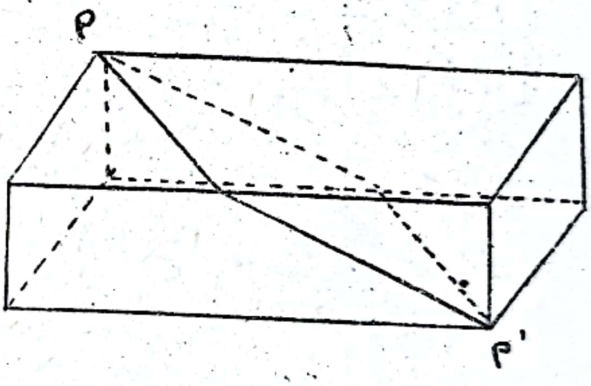


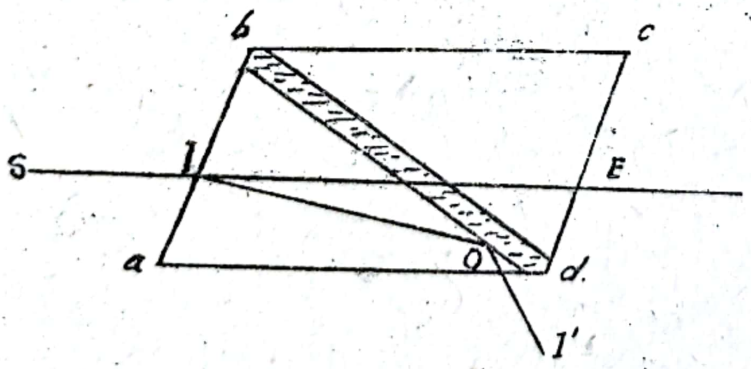
2.- Prin refracţie simplă. Refracţia unui fascicul luminos ce traversează o lamă transparentă într-o direcţie oblică, produce o polarizare parţia-

lă a fasciculului refractat. Dacă suferă o serie de refracţii prin mai multe lame de sticlă suprapuse, formînd astfel o pilă de sticlă, se poate căpăta o polarizare totală. Fasciculul refractat analizat la un nicol se arată polarizat într-un plan perpendicular planului de incidenţă.



3.- Prin dublă refracţie. Se poate obţine cu ajutorul nicolului care este un cristal de carbonat de calciu pur de formă romboedrică şi secţionat pe un plan oblic (PP') înclinat de 41°,37' pe axul cristalului şi de 87° faţă de laturile paralele ale cristalului. Se lipesc apoi cele două jumătăţi cu balsam de Canada, a cărui indice de refracţie este cuprins între indicele ordinar şi cel extraordinar al spathului. O rază (SI) se împarte în momentul cînd atinge spathul în două : una ordinară (IO) şi alta extraordinară (IE). Indicele balsamului de Canada (1,549) fiind mai mic decît indicele ordinar al spathului (1,658) şi raza (IO) căzînd în (O) sub un unghi mai mare decît unghiul limită, se reflectă total (după OI'). Raza extraordinară căzînd sub un unghi mai mic nu se mai reflectă total ci singură poate străbate spathul. Amîndouă razele însă, sînt polarizate.





Dacă substituim balsamul de Canada unei lame

de aer, se obţine de asemeni un polarizor care nu dă însă decît o singură rază polarizată. Acest sistem poartă numele de prizma lui Foucault.

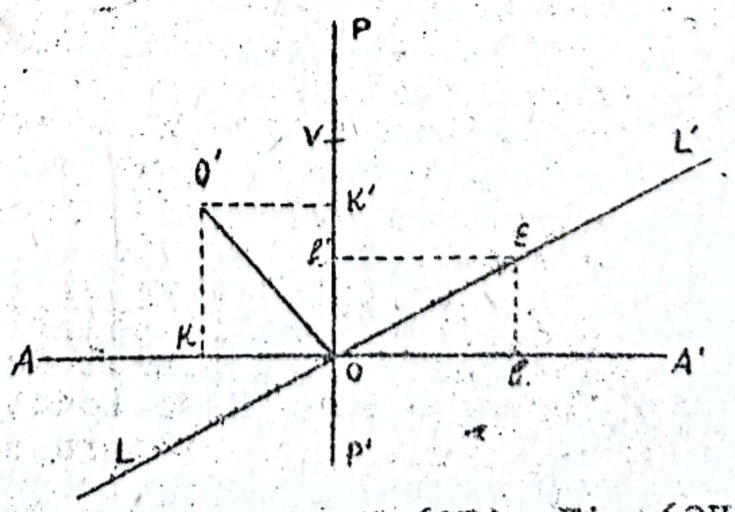
Dacă montăm doi nicoli a căror secţiuni principale sînt încrucişate, sting complet lumina căci primul opreşte toate vibraţiile care ar putea fi străbătute de cel de al doilea şi invers. Din aceşti doi nicoli primul se numeşte polarizor şi al doilea analizor.

Unele corpuri interpuse între cei doi nicoli au proprietatea de a modifica fie culoarea luminii polarizate, fie de a devia (a roti) planul de polarizaţie. De aceea spunem că aceste corpuri care modifică lumina polarizată, au o polarizare cromatică sau rotatorie.

Polarizarea cromatică

Descoperită de Arago în 1811, se capătă la interpunerea unei lame subţiri birefringentă, tăiată perpendicular cu axa, între un polarizor şi un analizor. Un fascicul de lumină albă, devine în acest caz colorat. Dacă ne servim de o prismă birefringentă ca analizator, cele două fascicule transmise prezintă culori complimentare, suprafaţa lor comună de contact fiind albă. Culorile obţinute variază cu natura lamei, cu grosimea ei şi cu înclinarea razelor pe lama subţire. Intensitatea de culoare este în raport cu direcţia axei lamei pe secţiunea principală a analizorului, ea fiind maximă cînd unghiul de înclinare este egal cu 45°.

Explicarea polarizării cromatice este următoarea : Avem de exemplu un nicol polarizor (P) cu secţiunea principală (PP'), un nicol analizor (A) cu secţiunea principală (AA') şi între ei o lamă subţire birefringentă (LL'), tăiată paralel cu axul. O rază de lumină naturală, traversînd nicolul polarizor, va avea vibraţiile orientate după raza extraordinară (OP). Fie (OV) o



vibraţie la eşirea din polarizor. Căzînd pe lama birefringentă, vibraţia OV se va descompune în două vibraţii rectangulare:

- una ordinară (OO') perpendiculară pe axul LL';
- alta extraordinară (OE) ce urmează axul LL'.

Căzînd pe analizor, fiecare din cele două vibraţii componente se va descompune la rîndul ei în cîte două vibraţii: OO' în OK şi OK' şi OE în OL şi OL'. Din aceste două vibraţii, analizorul nu trimete decît pe cele care se efectuiază într-un plan paralel cu secţiunea sa principală, adică OK şi OL. Ori aceste două vibraţii provin: una din raza ordinară, alta din cea extraordinară furnizată de lamă (L). Ele au între ele o oarecare diferenţă de mers care provine din diferenţa de indici de refracţie, sau ceace este acelaşi lucru, din diferenţe de viteză de propagare a razei ordinare şi extraordinare. Pe de altă parte, fiind polarizate în acelaşi plan şi deci fiind susceptibile de a se interferi, dau loc la efecte de culori, analoage culorilor lamelor subţiri.

Polarizarea rotatorie.

Să aşejăm doi nicoli cu secţiunile principale în cruciş şi prin ei să treacă o lumină monocromatică. Nu vom observa nimic. Dacă însă în aceste condiţiuni intercalăm între ei un cristal de cuarţ tăiat perpendicular cu axul, se constata că lumina reapare şi că pentru a se produce din nou extincţia este destul de a roti cu un unghiu oarecare, secţiunea principală a analizorului. Din această experienţă reiese că:

- cristalul de cuarţ a lăsat să treacă prin el lumina polarizată de nicol;
- cristalul de cuarţ a învîrtit planul de polarizaţie al razei polarizate cu un unghiu perfect egal cu acela cu care ar trebui să învîrtim secţiunea principală a analizorului pentru a restabili extincţia. Se exprimă acest lucru spunîndu-se că cristalul de cuarţ are putere rotatorie.

Corpuri active şi inactive. Sînt zise active din p.d.v. al luminii polarizate, corpurile care ca şi cuarţul învîrt planul de polarizare al unui fascicul luminos; sînt zise inactive asupra luminii polarizate, acele corpuri care nu o influenţează în nici un fel.

După sensul de rotaţie pe care-l dau nicolului analizor pentru ca să apară cîmpul complet luminat, împărţim substanţele polarizante (optic active) în

trei:

-dextrogire- care au cîmpul întunecat la dreapta şi trebuie să rotim la dreapta spre a nu mai avea extincţie parţială (zaharoza,glucoza,maltoza,lactoza, amidonul,glicogenul,etc);

-levogire- care au cîmpul întunecat la stînga şi trebuie să rotim planul la stînga (fructoza, albuminele, colesterolul, uleiurile eterice, unii alcaloizi,etc);

-racemice- care nu deviază în nici o parte, însă sînt corpuri care au în constituţia lor două molecule, una dextrogiră şi una levogiră (esenţa de terebentină, unii alcaloizi, unii acizi organici, acidul tartiric racemic,etc).

Corpurile optic active se pot împărţi în două clase mari după cum activitatea lor optică are drept cauză o disimetrie care afectează cristalul sau molecula:

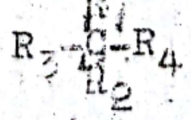
- acelea care nu sînt active decît în stare cristalizată şi pierd această proprietate imediat ce sînt solvite sau distruse prin fuziune (cuarţul, cloratul şi bromatul de sodiu, cinabrul,etc);

- acelea care sînt active în stare solidă,amorfă sau în disoluţie (zaharoza), în stare de vapori sau lichidă (esenţa de terebentină) şi care pierd această activitate imediat ce se găsesc în stare de cristal.

De aceea se admite că pentru primele activitatea rotatorie este legată de aranjarea particulelor cristaline (polarizaţie rotatorie cristalină) pe cînd pentru celelalte, activitatea depinde de însăşi molecula chimică, de aranjarea atomilor care o constituie (polarizaţie rotatorie moleculară).

Puterea rotatorie cristalină rezultă dintr-o lipsă de simetrie în proprietăţile cristalului împrejurul axului. Disimetriile se traduc cîteodată prin existenţa unei faţete hemiedrice, la dreapta pentru dextrogire, la stînga pentru levogire, aşa că un cristal drept poate fi considerat ca imaginea unui cristal stîng, privit într-o oglindă. Ei nu sînt superpozabili, întocmai ca şi degetele de la mînă.

Puterea rotatorie moleculară rezultă din prezenţa carbonului asimetric în formulă. Prin carbon asimetric se înţelege carbonul a cărui cei 4 radicali de care este legat, sînt diferiţi:



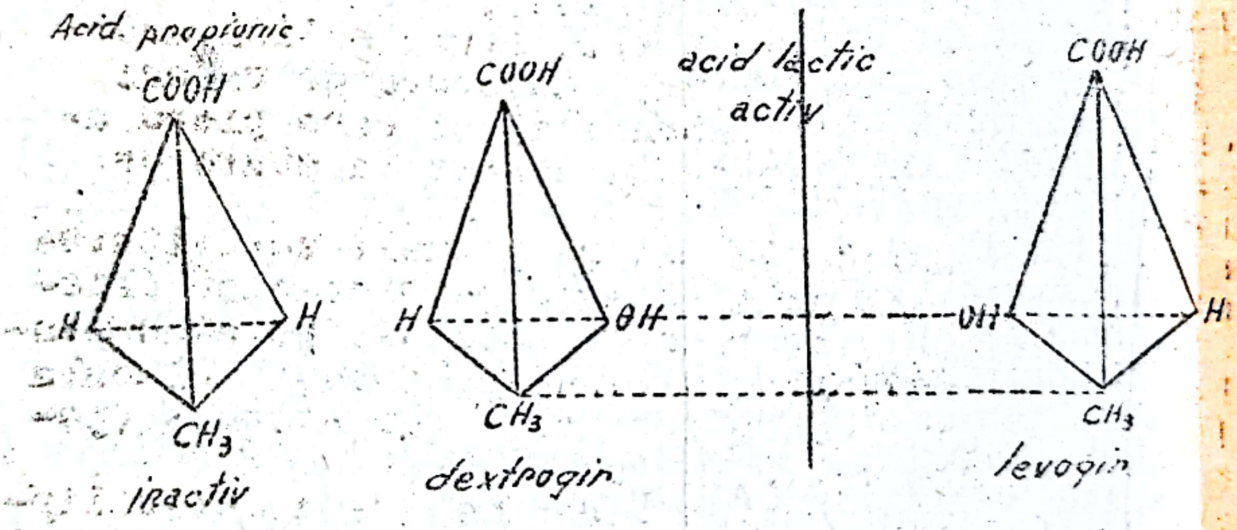
Experienţa verifică că:

-molecula unui corp activ conţine cel puţin un carbon asimetric;

-molecula care nu conţine nici un carbon asimetric nu este activă, dar pot fi şi corpuri care să conţină un carbon asimetric şi totuşi să nu fie optic active;

-molecula cu un carbon asimetric inactivă (racemică) se poate întotdeauna dedubla în două corpuri izomere active, unul dextrogir şi altul levogir.

Forme izomerice. Schema tetraedrului ne permite ca să ne dăm seama de formele izomerice pe care le prezintă corpii cu un carbon asimetric. Astfel, acidul lactic activ care se consideră ca derivat din acidul propionic inactiv prin substituţia unui OH cu un H, după cum substituţia se face la dreapta sau la stînga planului de simetrie, vom avea forma dextrogiră sau levogiră, iar dacă cei doi izomeri se formează în proporţii egale, corpul care rezultă va fi



inactiv prin compensare externă şi dedublare (racemic).

Legile lui Biot.

Fenomenele de polarizaţie rotatorie descoperite de Arago, au fost studiate de Biot care i-a dat şi legi:

1. Puterea rotatorie variază în raport invers proporţional cu pătratul lungimei de undă a luminii întrebuinţate.

2. Puterea rotatorie este direct proporţională cu grosimea stratului străbătut (l).

3. Puterea rotatorie depinde de concentraţie (c), fără a fi însă un raport simplu; fie prin diminuarea unghiului de polarizaţie cînd creşte concentraţia şi

după ce a trecut printr-un punct de inactivitate optică, puterea rotatorie devine negativă (acid succinic), fie că după diminuare acuză din nou o creştere (nicotina în apă). Aceste variaţii sînt în funcţie şi de natura solventului întrebuinţat.

4.Puterea rotatorie mai este în funcţie şi de alţi factori ca temperatura (cu care nu este în nici-o relaţie matematică) şi de timp, pentru unele substanţe (zaharuri,acizi oxigenaţi,etc).

Combinînd legile enunţate mai sus, rezultă formula (legea) lui Biot:

$$\alpha = \rho . l . d$$

formulă în care α reprezintă unghiul de rotaţie a soluţiei de cercetat; ρ = unghiul de rotire specific; l= lungimea tubului, exprimată în cm şi d=densitatea.

Se numeşte putere rotatorie specifică, unghiul (ρ) produs de un volum de 1 cmc ce conţine 1 g de substanţă activă, introdusă într-un tub lung de 10 cm.

In cazul unei substanţe active solvită într-un lichid inactiv, cum d=m/v şi cum m/v reprezintă tocmai concentraţia în grame, înseamnă că d=c, astfel că se poate înlocui în formula de mai sus, căpătîndu-se:

$$\alpha = \rho . l . c$$

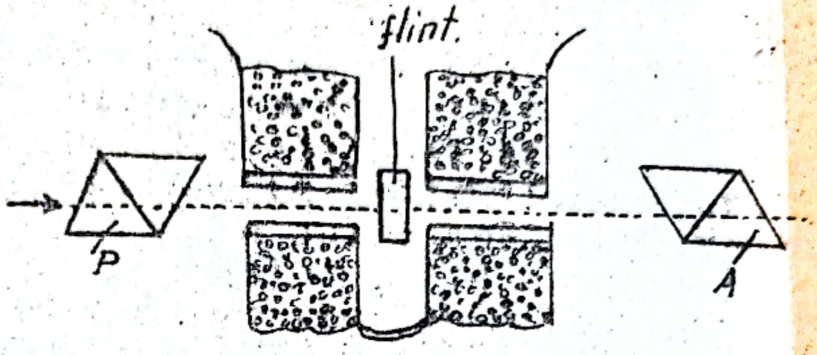
Puterea rotatorie a corpurilor amorfe este mai mică decît cea a corpurilor cristalizate. Astfel, puterea rotatorie specifică a unui corp cristalizat este unghiul de rotaţie imprimat de 1 mm de substanţă la densitatea 1. Pentru corpurile amorfe, solide, lichide şi gaze, puterea rotatorie specifică este unghiul de rotaţie imprimat de 1 dm de substanţă transformată la densitatea 1.

Dăm mai jos un tabel cu puterile rotatorii a cîtorva corpuri, toate socotite pentru razele galbene (D=589,3) şi la 20°C:

cristali:	bromat de Na.....	+ 2,17
	clorat de Na.....	+ 3,14
	carbonat de guanidină.....	+14,58
lichide :	rhamnoza 10%.....	+ 9,10
	d-manoza 10%.....	+13,92
	l-xiloza 10%.....	+18,84
	d-glucoza 10%.....	+52,00
	lactoza 10%.....	+54,52
	zaharoza 10%.....	+66,50
	d-galactoza 10%.....	+84,36
	maltoza 10%.....	+130,50
	fructoza 10%.....	-101,38

Scanned with OKEN Scanner

Puterea rotatorie magnetică. Faraday (1845) a făcut următoarea experienţă: a interpus între nicolii în extincţie ai unui polarimetru, un corp transparent izotrop (sticla de flint, deşi se poate lucra cu apă, etc). A observat că acest corp nu manifestă nici un fel de polarizaţie rotatorie. Supunînd însă corpul acţiunii unui cîmp magnetic puternic produs de două bobine ale unui electromagnet care avea mijlocul găurit pentru a permite trecerea şi interceptarea de către observator a fasciculului luminos, a observat că în acest caz, corpul manifestă fenomenul de polarizaţie rotatorie şi anume atît timp cît durează cîmpul magnetic produs de curentul care circulă prin bobine. Odată cu dispariţia cîmpului magnetic, dispare şi polarizaţia rotatorie.



Această proprietate nu o au numai solidele, ci şi lichidele şi gazele, însă este mai evidentă la oxigen şi sulfura de carbon.

Se constată că rotaţia este proporţională cu:

- intensitatea (H) a cîmpului magnetic;
- grosimea (E) a substanţei traversate;
- o constantă (K) care depinde de natura substanţei, densitate, temperatură şi presiune.

Experienţa arată că:

-pentru cele mai multe corpuri organice, rotirea are loc în sensul curentului care creiază cîmpul magnetic;

-sensul de rotaţie se schimbă odată cu inversarea liniilor de forţă a cîmpului magnetic;

-rotaţia magnetică variază cu lungimea de undă a luminii întrebuinţate, dar puţin mai iute decît inversul pătratului lungimii de undă a dispersiunei rotatorii magnetice.

N.H.Perkin a stabilit relaţii foarte importante între puterea rotatorie magnetică şi constituţia chimică; aşa în combinaţiile organice cu aceiaşi funcţie, fiecare element: H,C,Cl,Br,I,N,O,etc.,posedă o putere rotatorie magnetică invariabilă şi după cum

puterea refringentă depinde de natura şi numărul atomilor ce intră în constituţia moleculei, puterea rotatorie magnetică moleculară este egală cu suma puterii rotatorii magnetice atomice a elementelor constituente. Aceste rezultate ne arată importanţa măsurătorilor puterii rotatorii magnetice pentru studiul constituţiei chimice a corpurilor.

Polarimetrie.

Sub acest titlu se înţelege determinarea puterii rotatorii specifice şi analiza fondată pe măsurarea rotaţiei planului de polarizaţie a substanţelor optic active în soluţie. Cînd este vorba de dozat optic zahărul, numim fenomenul zaharimetrie.

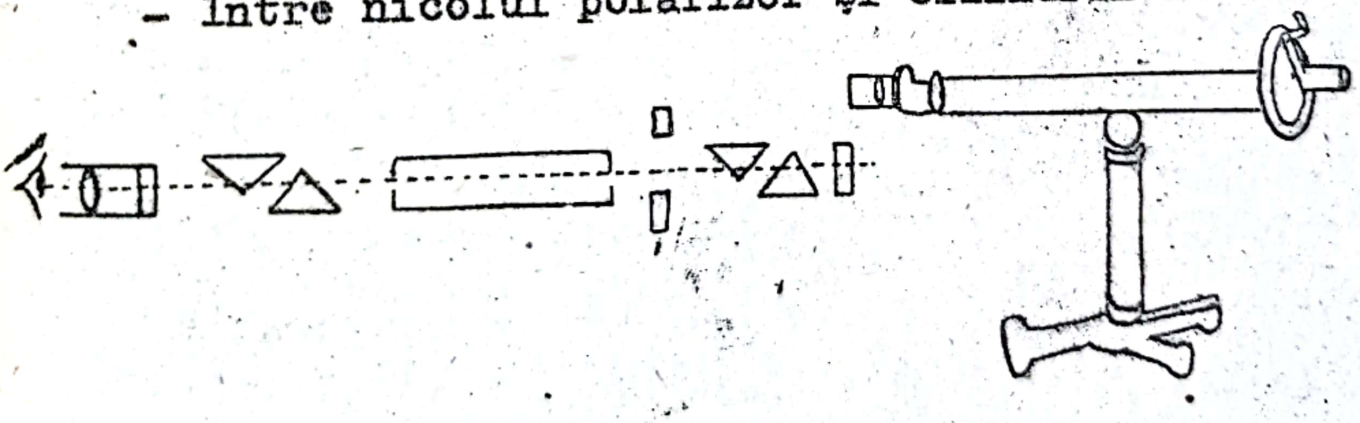
Se numesc polarimetre şi respectiv zaharimetre, aparatele care servesc la astfel de măsurători.

Orice polarimetru este format din:

- un polarizor şi un analizor, din care, unul sau altul, este mobil în jurul axei optice a aparatului, dar care pot fi opriţi oricînd într-o poziţie determinată, lucru care se face cu ajutorul unei manete ce se învîrte pe un cadran circular gradat în grade de cerc. Nicolul respectiv care se roteşte (în cazul aparatului nostru, nicolul analizor) se roteşte solidar şi cu un vernier.

- Un tub metalic înegrit pe dinăuntru pentru a absorbi raza ordinară. In acest tub se introduce un cilindru de sticlă ce se umple complet cu soluţia de cercetat.

- Intre nicolul polarizor şi cilindrul metalic



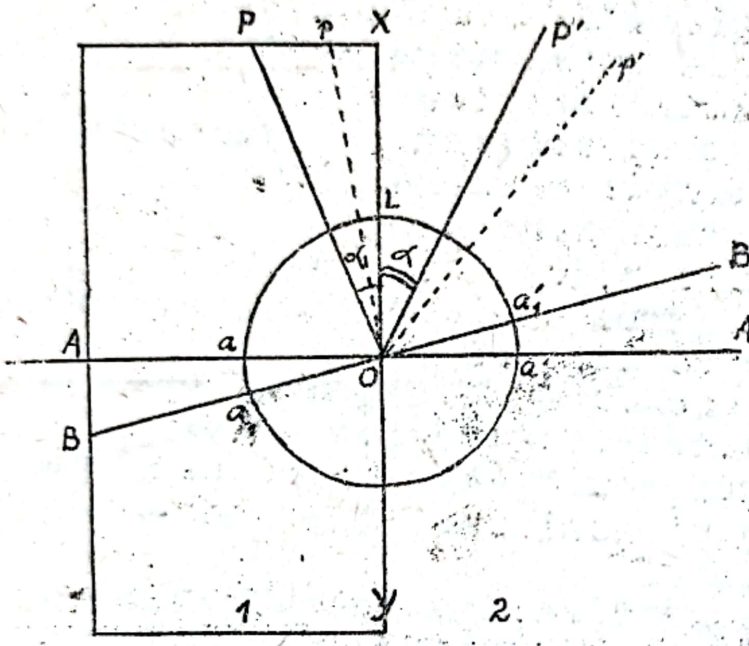
se interpune o lamă de cuarţ care acoperă numai jumătate dintr-un diafragm circular şi are o astfel de grosime încît stabileşte între cele două vibraţii rectangulare în care descompune vibraţia luminoasă, o diferenţă de mers egală cu jumătate de undă din ondulaţia luminii întrebuinţate (cel mai adesea monocromatică galbenă). De aceea lama de cuarţ se numeşte

meşte lama semi-undă.

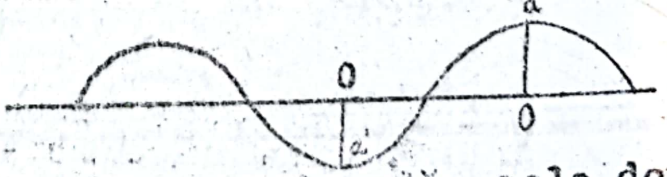
Totul este fixat bine pe un suport metalic.

Ca tip de astfel de aparat este polarimetrul lui Laurent a cărui principiu de funcţionare este următorul:

După ce am văzut cum se explică polarizarea cromatică şi părţile componente ale polarimetrului Laurent, ne vine uşor de înţeles principiul lui de funcţionare: să însemnăm cu XY marginea lamei de cuarţ şi cu 1 şi 2 cele două semicercuri în care este împărţit cîmpul aparatului de această margine a lamei. Să notăm cu OP vibraţia razei polarizate ce cade pe lamă şi care vine dela polarizor. Notăm cu AA' secţiunea principală a analizorului.



In cazul cînd nu am pus în aparat nici-o substanţă, în partea dreaptă a cîmpului care nu este acoperită de lama semi-undă, direcţia razei de lumină nu este modificată şi rămîne OP'. In partea stîngă (1), vibraţia traversînd lama de cuarţ, se descompune în două vibraţii cu direcţia perpendiculară una pe cealaltă şi anume: OL ce urmează axul şi Oa ce urmează direcţia Oa, perpendiculară axului. Grosimea lamei de cuarţ fiind astfel ca să imprime componentei Oa o întîrziere de mers egală cu $\lambda/2$ faţă de OL, raza Oa va fi înlocuită printr-o vibraţie Oa' egală şi de sens contrar. (Acest lucru ni-l putem imagina foarte uşor astfel; fie vibraţia Oa căreia îi producem o întîrziere de $1/2\,\lambda$, vedem imediat că este înlocuită de o vibraţie Oa' egală şi de sens contrar, aşa după cum se poate vedea foarte uşor şi din figură).



Astfel la eşirea din lama semi-undă cele două componente OL şi Oa' vor da vibraţia resultantă OP' simetrică cu OP în raport cu axul OX' al lamei, astfel că P'OL = POL = γ

Aceste două vibraţii Op şi OP' cad pe nicolul analizor a cărui secţiune principală este oarecare (de ex. în OB). Acest nicol nu lasă să treacă decît raza extraordinară, adică vibraţiile care se fac în planul secţiunii sale principale, aşa că vibraţia Op va da la eşirea din acest nicol vibraţia Oa_1 iar vibraţia OP' va da vibraţia Oa'_1. Se vede că amplitudinea vibraţiilor lui Oa_1 şi Oa'_1 care au traversat analizorul nu sînt egale şi că deci prin urmare cele două semicercuri vor avea intensităţi luminoase diferite. Aceste vibraţii nu vor fi egale decît pentru două poziţii ale secţiunii principale AA' a analizorului şi anume:

-cînd OB este în XY, adică paralel cu OL, deci paralel cu axul;

-cînd Ob este în AA', adică perpendicular cu OL, deci perpendicular cu axul.

In plus, unghiul γ fiind mic, se vede că şi componenta eficace (îndreptată după secţiunea principală a nicolului analizor), are o valoare mai mare cînd OB este paralelă cu OL decît în cazul cînd OB este perpendiculară pe OL. Ca urmare, cele două semicercuri trebuie să fie foarte luminate pentru prima poziţie şi slab luminate pentru poziţia a doua. De aceea se alege ca reper această de a doua poziţie, adică atunci cînd OB este perpendicular pe OL, deci cînd cele două semicercuri sînt egal şi slab luminate, ceace este o condiţie favorabilă pentru ca ochiul să observe cu precizie egalitatea de luminozitate a celor două cîmpuri vecine. Deaceea aparatul se numeşte şi polarimetru cu penumbră.

Dacă acum introducem o suluţie a cărui solvit este o substanţă optic activă în drumul razelor ce vin dela nicolul polarizor şi lama semi-undă spre analizor, ea va face ca să se învîrtă cu acelaşi unghiu α şi în acelaşi sens cele două vibraţii OP şi OP' care devin astfel Op şi Op'. Egalitatea de culoare este distrusă, secţiunea principală a nicolului analizor nefiind perpendiculară pe bisectoarea unghiului celor două vibraţii care deasemeni s-a rotit cu unghiul α. Imaginea va apare fie (1), fie (2) după cum substanţa este dextrogiră sau levogiră.

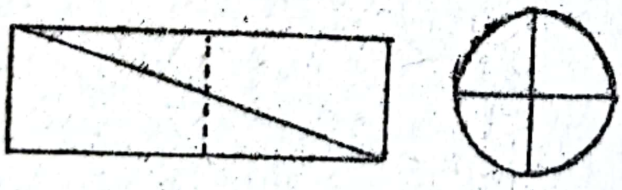
Pentru a produce din nou egalitatea de lumină trebuie să rotim nicolul anali-

zor în același sens în care au fost rotite vibrațiile OP și OP' și exact cu unghiul α, deci cu unghiul cu care substanța noastră a rotit planul de polarizație. Altfel din nou secțiunea principală a analizorului este perpendiculară pe bisectoarea unghiului format de cele două vibrații: Op și Op'.

Tehnica de lucru:

- se spală bine de cîteva ori tubul de sticlă cu apă distilată, apoi se umple din nou cu apă distilată avînd grije ca să nu intre nici-o bulă de aer și privim în zare ca să ne asigurăm că lichidul este perfect tansparent;
- soluția de cercetat se filtrează de cîteva ori pînă devine absolut limpede, transparentă;
- se umple apoi tubul cu soluția de cercetat, cu aceiași grije să nu avem bule de aer. Se introduce în tubul metalic al aparatului care apoi se acoperă cu capacul;
- se așează zero de pe vernier în dreptul lui zero de pe cadran și privim prin ocular. Dacă avem cîmpul întunecat la dreapta, avem de a face cu o substanță dextrogiră și rotim mînerul ce se mișcă cu vernierul și nicolul analizor, pînă ce avem identitate de culoare în cele două cîmpuri. In cazul substanțelor levogire, totul este de sens contrar;
- se citește pe cadran unghiul obținut la egalarea de tentă (unghiul α), de unde, aplicînd formula lui Biot, aflăm concentrația. Rezultatul se înmulțește cu 100 (100 cc de solvent).

Polarimetrul compensator este format prin suprapunerea ipotenuzelor a două prizme dreptunghiulare de cuarț dextrogir și levogir (pot fi și 4), toate însă cu unghiuri egale pentru a forma astfel două plăci perpendiculare cu axa formată fiecare dintr-o jumătate dextrogiră și una levogiră și care se așează în axul polarimetrului.



Dacă polarizorul și analizorul au secțiunile principale în unghiu drept, se observă un franj vertical (punctul zero) în mijlocul cîmpului, adică acolo unde vibrațiile luminoase traversează grosimi egale (+e și -e) de cuarț dextrogir și levogir. Dacă se interpune o coloană de lichid activă, aparatul este astfel construit încît ne dă C = 10/l

Zaharimetrie.

Se numesc zaharimetre, polarimetrele speciale întrebuinţate pentru dozarea optică a zaharurilor. Unele utilizează lumina albă, altele cea monocromatică. Construirea şi principiul lor este acelaşi ca cel descris mai sus la polarimetre. Ceace diferă este numai scara gradată (zaharimetrică) asupra căreia avem doar de insistat.

O lamă de cuarţ dextrogir perpendiculară pe ax şi groasă de 1 mm produce o rotire egală cu $21^{\circ},40$ sau $21^{\circ},66$ la temperatura de $7^{\circ}C$. Acest unghiu este împărţit în 100 părţi egale aşa că fiecare diviziune este de 1/100 din rotirea imprimată luminii polarizate de 1 mm cuarţ, luminii galbene (raza D).

Dacă se admite unghiul de $66^{\circ},5$ ca putere rotatorie specifică a zaharozei la 20° C, se găseşte că rotaţia imprimată de o lamă de cuarţ de 1 mm, adică 100° zaharimetrice, corespunde unei soluţii ce conţine zaharoza pură în cantitate de 16,29 g % într-o soluţie examinată sub o grosime de 20 cm.

Din formula

$$\alpha = \frac{\rho . V}{l . p}$$

avem: $\rho V = \alpha . l . p$

de unde:

$$p = \frac{\rho . V}{\alpha . l}$$

şi deoarece ρ este egal cu $21^{\circ},66$, înseamnă că:

$$p = \frac{21,66 \cdot 100}{66,5 \cdot 2}$$

Această greutate (p) de 16,29 g se numeşte greutatea normală a zaharimetrului.

La zaharimetrele mai noi, determinarea se face foarte uşor prin aceea că nu citim unghiul de deviaţie ci direct concentraţia în zahăr. La fel, rotirea nicolului analizor nu se face într-un cerc complet ci numai între anumite limite. Proprietatea dextro sau levogiră se determină în aceste cazuri astfel: dacă după ce am pus în aparat soluţia de cercetat, oricît am roti spre stînga cîmpul nu devine uniform, înseamnă că sol. este dextrogiră (va trebui să rotim spre dreapta pînă la egalarea de tentă). Invers se petrec lucrurile pentru substanţele levogire.

Aplicaţii.

Lumina polarizată şi în speţă polarimetrele, au aplicaţii numeroase. Astfel se pot afla:

1) Puterea rotatorie specifică. Pentru aceasta ne servim de un tub polarimetric lung de 20 cm. Să facem o soluţie de zahăr de ex. de 30 gr% cm apă. Filtrăm de cîteva ori pînă soluţia rămîne limpede. Citim pe disc unghiul de rotaţie (α). Din formula lui Bio aflăm pe (ρ) şi anume:

$$\rho = \frac{\alpha \cdot 100}{l \cdot d}$$

2) Concentraţia. Cum din forumula de mai sus $d=p/v$, cînd este vorba de o siluţie, formula devine:

$$\rho = \frac{\alpha \cdot v}{l \cdot p}$$

De aci se vede că dacă într-un volum (v) de soluţie avem (p) g de corp solubul şi dacă lumina polarizata trecînd printr-un tub cu grosimea de l dm, ar planul de polarizaţie rotit cu un unghiu (α) pe care îl ştim, putem afla foarte uşor pe (ρ). Ori noi cunoscînd pe (ρ) din tabele, dar avînd o soluţie cu o concentraţie necunoscută de (p) g la un volum (v) de soluţie şi cu un unghiu de rotire al ei (α) sub un stat de 1 dm, putem afla din relaţia:

$$\frac{p}{v} = \frac{\alpha}{\rho \cdot l} \quad \text{concentraţia : } p \leq \frac{\alpha \cdot v}{\rho \cdot l}$$

Concentraţia se poate afla şi făcînd comparaţi polarimetrică între o soluţie a aceleiaşi substanţe de o concentraţie cunoscută (c) şi una necunoscută (c'), de unde: $\alpha = \rho \cdot l \cdot c$ şi $\alpha' = \rho \cdot l \cdot c'$

Prin împărţire reiese:

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{c}{c'}, \quad \text{de unde: } c' = c \cdot \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Pentru zaharimetrul compensator (Sénarmont) cînd tubul are 20 cm, pentru a afla concentraţia glucozei în grame la litru, se înmulţeşte valoarea pe care o citim cu 0,163.

3) Titrul unui amestec zaharat. Facem o soluţie de zahăr 10% şi găsim $\alpha = 28^{\circ},4$. Facem o soluţie de substanţă zaharată de 10% şi găsim $\alpha = 12^{\circ},3$.

Titrul (X) este:

$$X = C \cdot \frac{\alpha'}{\alpha}$$

de unde:

$$X = 10 \cdot \frac{12,3}{28,4} = 4,33$$

4) Microscopul polarizant. Nu este altceva decît un microscop obişnuit la care se fixează în diafra-

1) Puterea rotatorie specifică. Pentru aceasta ne servim de un tub polarimetric lung de 20 cm. Să facem o soluţie de zahăr de ex. de 30 gr% cm apă. Filtrăm de cîteva ori pînă soluţia rămîne limpede. Citim pe disc unghiul de rotaţie (α). Din formula lui Bio aflăm pe (ρ) şi anume:

$$\rho = \frac{\alpha \cdot 100}{l \cdot d}$$

2) Concentraţia. Cum din forumula de mai sus d=p/v, cînd este vorba de o siluţie, formula devine:

$$\rho = \frac{\alpha \cdot v}{l \cdot p}$$

De aci se vede că dacă într-un volum (v) de soluţie avem (p) g de corp solubul şi dacă lumina polarizata trecînd printr-un tub cu grosimea de l dm, a planul de polarizaţie rotit cu un unghiu (α) pe care l ştim, putem afla foarte uşor pe (ρ). Ori noi cunoscînd pe (ρ) din tabele, dar avînd o soluţie cu o concentraţie necunoscută de (p) g la un volum (v) de soluţie şi cu un unghiu de rotire al ei (α) sub un stat de l dm, putem afla din relaţia:

$$\frac{p}{v} = \frac{\alpha}{\rho \cdot l} \quad \text{concentraţia : } p = \frac{\alpha \cdot v}{\rho \cdot l}$$

Concentraţia se poate afla şi făcînd comparaţ polarimetrică între o soluţie a aceleiaşi substanţe de o concentraţie cunoscută (c) şi una necunoscută (c'), de unde: $\alpha = \rho \cdot l \cdot c$ şi $\alpha' = \rho \cdot l \cdot c'$

Prin împărţire reiese:

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{c}{c'}, \quad \text{de unde: } c' = c \cdot \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Pentru zaharimetrul compensator (Sénarmont) cînd tubul are 20 cm, pentru a afla concentraţia glucozei în grame la litru, se înmulţeşte valoarea pe care o citim cu 0,163.

3) Titrul unui amestec zaharat. Facem o soluţie de zahăr 10% şi găsim $\alpha = 28^{\circ},4$. Facem o soluţie substanţă zaharată de 10% şi găsim $\alpha = 12^{\circ},3$.

Titrul (X) este:

$$X = C \cdot \frac{\alpha'}{\alpha}$$

de unde:

$$X = 10 \cdot \frac{12,3}{28,4} = 4,33$$

4) Microscopul polarizant. Nu este altceva decît un microscop obişnuit la care se fixează în diafrag

mul iris al condensatorului Abbè un nicol polarizor şi în locul ocularului obişnuit se montează un nicol analizor. Marca Zeiss livrează microscoape polarizante gata făcute.

Consideraţiuni biologice şi aplicaţii în medicină.

La majoritatea oamenilor ochiul nu deosebeşte lumina polarizată de cea naturală, dar cca. 25-30% au această proprietate cu toate că nu-şi dau seama de ea. La observarea unei suprafeţe care emite lumină polarizată, astfel de oameni pot observa în centrul cîmpului vizual o zonă luminoasă slabă galben-portocalie, ce are aspectul unui snop de spicuri uşor curbat. Dacă planul de polarizaţie a luminei se roteşte şi în ochi fâşia de mai sus se roteşte. La anumite poziţii ale soarelui, lumina cerului se datoreşte difuziunii razelor luminoase în atmosferă, apare puternic polarizată şi atunci aceşti oameni văd pe fondul cerului o zonă galbenă în formă de snop. Observarea se face mai bine în lumină reflectată de o sticlă a cărei faţă posterioară este înegrită. Sub un anumit unghiu de incidenţă şi reflexie, o astfel de placă polarizează lumina în mare măsură. Prin acest procedeu o parte din cititori poate să-şi dea seama că au această proprietate.

Aplicaţiile în medicină ale luminii polarizate sînt numeroase şi pentru ele se foloseşte atît polarimetrul (pentru dozări de glucoză în sînge şi urină) cît şi microscopul polarizant.

Cu ajutorul polarimetriei se poate doza glucoza şi albuminele din urină. Polarimetrele pentru scopuri medicale sînt astfel construite încît tubul dacă are 189,9 mm la o deviere de 1° corespunde 1% glucoză sau 1‰ proteine. La polarimetrele de buzunar tubul are 94,7 mm, în care caz rezultatul obţinut se înmulţeste cu 2. Pentru orice alt tip de polarimetru, pentru diferitele lungini ale tubului, concentraţia glucozei umane se află cu ajutorul formulei:

$$c = \frac{100 \cdot \alpha}{52,81}$$

Sursa de lumină este lampa de sodiu, însă recent se examinează şi la lumină obişnuită, deoarece se anexează la polarimetre un filtru galben.

Urina deviază planul de polarizaţie în mod normal la stînga cu maximu 0°,0476.

Serul sangvin are un unghiu de rotaţie de 0°,28 într-un tub lung de 2 cm.

Dozările polarimetrice sînt practice şi precise, numai că au un cadru restrîns de cercetări.

Microscopul polarizant serveşte în medicină atît la verificarea naturii unor corpuri cît şi la recunoaşterea naturii lor.

In ce priveşte verificarea naturii corpurilor birefringente, el este folosit în histologie căci în constituţia organismului uman se găsesc unele ţesuturi care prezintă fenomenul de birefringenţă şi anume: discurile întunecate din fibrele musculare striate, lamelele osoase, fibrele colagene, mielina fibrelor nervoase, cromatina, mitocondriile, lipidele, etc.

Tot aşa se pot recunoaşte grăunţele de amidon care se recunosc uşor datorită faptului că în lumina polarizată prezintă o cruce (crucea de Malta) ce pleacă din hilul grăuntelui şi care se manifestă în grade diferite după proveniența amidonului, fiind foarte evidentă pentru cel de porumb şi mai slabă pentru cel de grîu, intermediar se prezintă la cartof. O altă deosebire mai constă în faptul că pe cînd la grîu sau la leguminoase, crucea este centrală, la cartof ea este excentrică. In unele extrase de carne se găsesc cristali de sare marină în prizme drepte cu bază pătrată ce se pot confunda cu prizme de creatinină. Dar în lumina polarizată cînd nicolii sînt în extincţie, sînt vizibili numai cristalii birefringenţi de creatinină.

Recunoaşterea unor corpuri este întrebuinţată în scop diagnostic într-o serie întreagă de servicii. Astfel, în parazitologie serveşte la recunoaşterea în materiile fecale a ouălelor de paraziţi, care avînd o coaje chitinoasă birefringentă, sînt foarte uşor vizibili. In medicina internă serveşte tot în scop de diagnostic pentru recunoaşterea în materiile fecale a substanţelor nedigerate: glucide, lipide, etc., pentru a pune diagnosticul de colită. Mai serveşte şi la recunoaşterea în sedimentul urinar, a corpusculilor birefringenţi ce sînt prezenţi în nefroza lipoidică. In analiza corpilor graşi ne poate da indicaţii preţioase: se pune în evidenţă în cristalii obţinuţi prin saponificare (acizii graşi), fenomene de polarizaţie variabilă după proveniența lor, fenomen analog

acelui de cruce prezent în grăunţele de amidon.

In anatomia patologică se pot pune în evidenţă prin secţiuni histologice, prezenţa colesterinei în pereţii vaselor, în care apare sub forma de cristali extrem de strălucitori.

In cercetările medico-legale ale sîngelui, se pot vedea cristali de hemină birefringenţi în extincţia nicolilor, în timp ce alţi cristali monorefringenţi cum ar fi NaCl, dispar.

Ca o aplicaţie mai diferită citäm faptul că fibrele textile prezintă într-un cîmp obscur o colorraţie a striurilor, coloraţie care se transează net de restul fibrei.

OPTICA FOTONICA

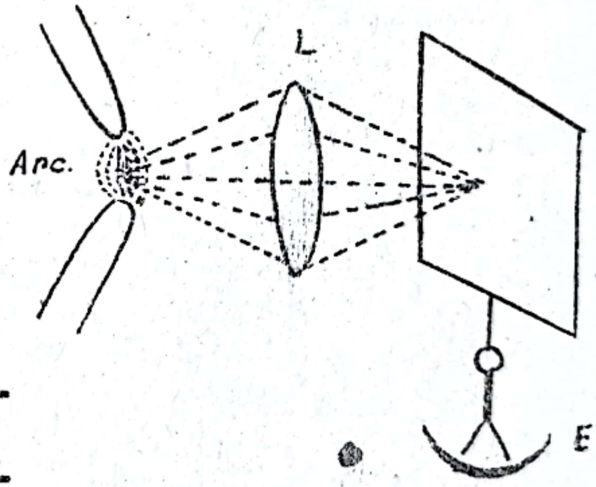
Fenomenul foto-electric.

In natură există corpuri care sub acţiunea luminii îşi schimbă proprietăţile electrice. Fenomenul este cunoscut sub numele de fenomen sau efect foto-electric. Dintre corpurile cu asemenea proprietăţi, se disting două categorii:

- corpuri care-şi schimbă rezistenţa electrică sub influenţa luminii (fenomen foto-electric intern). Astfel, seleniul, telurul, sulfura de argint, etc, îşi schimbă rezistenţa electrică proporţional cu intensitatea luminii.

- corpuri care sub acţiunea luminii emit electroni- corpuri fotoemisive (fenomen foto-electric extern sau superficial). Acest grup este mai interesant din p.d.v.practic.

Transformarea luminii în electricitate se datoreşte lui Hertz şi apoi lui Halwachs (1888). Lumina unui arc electric cu electrozi de fier, arc foarte abundent în raze ultra-violete, este proiectat şi concentrat pe o placă de zinc proaspăt roasă şi încărcată negativ, cu ajutorul unei lentile de cuarţ, care lasă să treacă prin ea r.u.v. Placa de Zn este pusă în legătură cu un electroscop sensibil. Imediat ce placa este luminată, electroscopul care se încarcă negativ datorit contactului cu placa de zinc, se descarcă deoarece r.u.v. (lumina) fac să se desprindă de pe suprafaţa metalelor electroni încărcaţi negativ. Dovadă că lumina u.v. este cea care contribue la descărcare, este faptul că dacă în loc de lentilă de cuarţ întrebuinţăm o lentilă de sticlă ce opreşte r.u.v., electroscopul nu se mai descarcă.



Dacă încărcăm zincul cu electricitate pozitivă, r.u.v. căzute pe suprafaţa lui, nu-l mai descarcă.

Dacă suprafaţa metalică este în vid, experienţa reuseşte chiar dacă nu o încărcăm cu electricitate. Un fascicul de lumină ce cade asupra unui conductor

neîncărcat şi aşejat în vid, îl face să se încarce cu electricitate pozitivă pînă la o anumită valoare: aceasta provine din faptul că metalul emite electroni (fotoelectroni) rămînînd deci încărcat pozitiv. In aer experienţa nu se poate face, căci electricitatea negativă ar fi reţinută de cea pozitivă.

S-a constatat că:

- numărul de fotoelectroni emişi este proporţional cu intensitatea luminii;
- iuţeala lor nu depinde de intensitatea luminii, ci de lungimea ei de undă, fiind cu atît mai mare, cu cît lungimea de undă este mai mică, adică cu cît frecvenţa este mai mare.

Efectul fotoelectric poate fi găsit şi la substanţele organice colorate, ghiaţă, ferocianura de potasiu în soluţie şi la cristali. Astfel, cristalii de sulfuri metalice dau un fenomen fotoelectric, adică pe cele două feţe ale unui cristal semiconductor cum ar fi: cuprital, proustitul, molibdenitul, argentita, pyrargyrita, etc., apare o tensiune electrică, aşa fel că partea îndreptată spre lumină se încarcă negativ. Sensibilitatea maximă se găseşte pentru diverse radiaţii, după felul substanţei cristaline. De ex. metalele alcaline: rubidiu, cesiu, kaliu, natriu, litiu, arată un efect fotoelectric foarte marcat şi anume pentru razele luminoase roşii şi galbene; argintul, mercurul, zincul, pentru razele violete şi ultraviolete.

Electronii (fotoelectronii) emişi au aceiaşi masă şi încărcare electrică cu electronii întîlniţi la descărcări prin gaze (raze catodice).

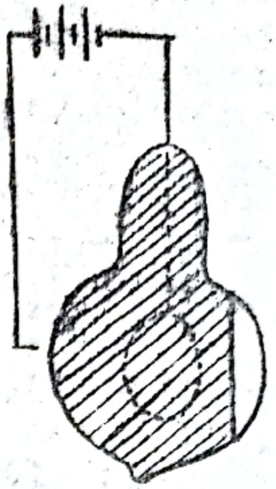
Aplicaţii.

Ca aplicaţii a fenomenului fotoelectric avem construirea celulelor fotoelectrice (fotoelementelor) care actualmente sînt extrem de folosite în multe domenii.

Deşi construcţia lor se bazează pe acelaşi principiu, totuşi constructiv se împart în două mari grupe:

1) Celulele fotoelectrice din primul grup sînt formate dintr-o ampulă de sticlă (sau cuarţ pentru r.u.v.) în care se face vid şi care are doi electrozi. Catodul este format dintr-un strat subţire metalic ce acoperă peretele intern al ampulei, cu excepţia unei mici porţiuni prin care intră razele luminoase. Anodul este construit dintr-un inel metalic plas-

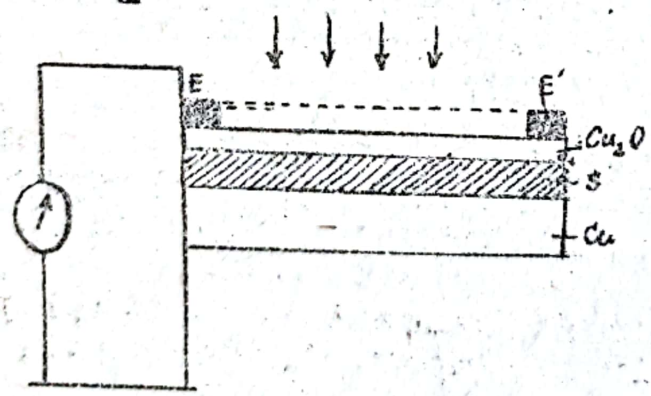
în mijlocul ampulei de sticlă. Dacă se stabileşte o diferenţă de potenţial între cei doi electrozi, nu se constată trecerea unui curent electric atît timp cît celula este ţinută la întuneric. Cînd depozitul este luminat, curentul trece proporţional cu energia luminoasă primită. Se lucrează în vid deoarece nu trebuie să fim jenaţi de fenomenul de perturbaţie datorit ionizării moleculelor de gaz. Tot astfel, este singurul procedeu de a avea suprafeţe curate şi inoxidabile. Metalul utilizat pentru celula fotoelectrică depinde de regiunea spectrală de studiat. In celulă preferabil să avem argon.



Aceste celule dau un curent electric mai slab de 10^{-5} mA/m şi prezintă dejavantagiul că necesită o sursă de curent exterioară.

2) Celulele fotoelectrice cu strat de oprire sînt actualmente mult mai întrebuinţate. Alcătuirea şi funcţionarea lor este asemănătoare redresorilor metalici.

O astfel de celulă este formată dintr-un strat de cupru care pe deasupra este acoperit de un strat de Cu_2O format prin încălzirea cuprului cu oxigen. Intre aceste două straturi se formează un strat semiconductor care la iluminarea stratului de oxid de cupru, permite trecerea electronilor dela oxid la cuprul metalic. Acesta este stratul de oprire (S). Peste stratul de Cu_2O se aşează o foiţă subţire şi transparentă de aur sau o reţea metalică (EE'). Cuprul metalic formează un electrod, aurul celălalt şi sînt puşi în contact prin intermediul unui galvanometru.



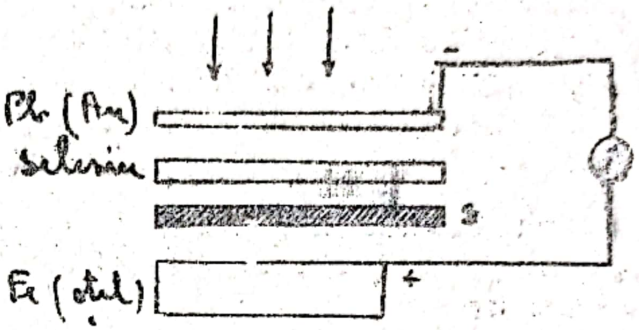
Cînd foiţa de aur este iluminată, electronii trec de la oxid la cupru, iar prin celula fotoelectrică va trece un curent de la cupru spre oxid (sens

tehnic).

Prin stratul de oprire (S) electronii trec mai uşor dela oxid la cupru dar nu şi invers. In felul acesta se stabileşte o diferenţă de potenţial care acţionează ca o t.e.m. ce împinge electronii spre Cu prin circuitul exterior a cărui rezistenţă este mai mică decît cea a stratului de oprire.

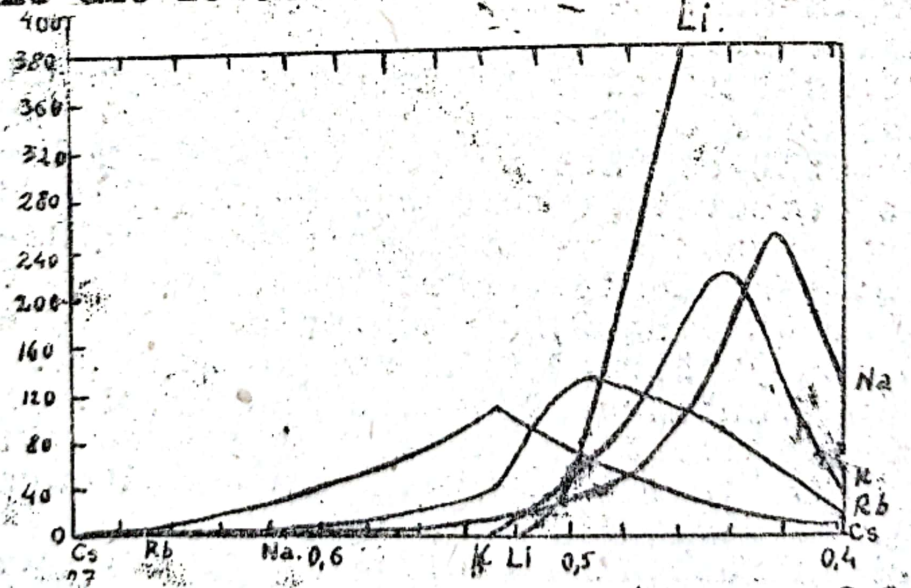
Stratul de oprire poate fi construit şi între lama de aur şi Cu_2O, numai că atunci curentul va fi invers.

La alte celule, stratul de oprire se face mai bine din sulfură de argint sau seleniu.



Celulele fotoelectrice cu strat de oprire dau un curent de cca. 100 mA/m, însă se fac şi celule sensibile pentru radiaţiile de 0,55 μ ca şi ochiul uman şi care dau 1.000 mA/m, iar fotoelementele cu sulfură de argint dau pînă la 5000 mA/m.

Iată mai jos o diagramă cu caracteristicile spectrale ale fotoelementelor alcătuite din diferite metale:



Se observă că litiul şi cadmiul se folosesc pentru radiaţiile ultraviolete; kaliul, natriul, rubidiul şi hidrogenul pentru lumina difuză a zilei şi cesiul pentru lumina albă a becului cu incandescenţă.

Emisia şi absorbţia luminii.

Din punctul de vedere al emisiei de lumină, corpurile se împart în luminoase şi luminate.

Corpurile luminoase sînt acelea care au lumina lor proprie, ele mai numindu-se şi izvoare de lumină. La rîndul lor, pot fi de două feluri:

- izvoare naturale (soarele, stelele, fulgerele, unele animale, etc);
- artificiale (corpurile solide incandescente, lichidele şi gazele incandescente).

Corpurile luminate sînt corpurile cel mai frecvent întîlnite şi se mai numesc şi obscure deoarece nu se văd decît dacă sînt luminate de un alt corp (luna).

După energia întrebuinţată pentru producerea de lumină, corpurile se împart în incandescente şi luminiscente.

- Corpurile sînt incandescente atunci cînd lumina emisă de ele provine integral din căldura pe care o are corpul respectiv. Orice corp incandescent are o putere de emisie şi de absorbţie.

Puterea de emisie se exprimă în unităţi de energie şi depinde de secţiunea fasciculului considerat ce pleacă de la corpul incandescent, de incidenţa razei, de lungimea ei de undă, de temperatura şi forma corpului respectiv.

Absorbţia luminii este în raport cu constituţia moleculară. Ştim că fiecare corp prezintă benzi sau linii de absorbţie. Dacă se introduce în molecula unui corp de cercetat grupuri ca: OH, CH_3, COH_3, $COOH$, NH_2, halogeni, benzile de absorbţie se deplasează spre roşu şi sînt numite batmocrome, în timp ce introducerea de NO_2, CH_3CO, H_2O le deplasează spre violet (hypsocrome). Deplasarea este cu atît mai marcată, cu cît greutatea atomică a radicalului introdus este mai ridicată. Pe de altă parte se ştie că substanţe ce au caractere chimice asemănătoare, posedă curbe de absorbţie analoage.

Puterea absorbantă (cantitatea A) este dată de diferenţa dintre intensitatea (I) razelor incidente şi suma intensităţilor razelor transmise (T), difuzate (D) şi reflectate (R). Deci:

$$A = I - (T+D+R)$$

Puterea absorbantă (a) reprezintă raportul dintre cantitatea absorbantă (intensitatea razelor absorbite A) şi intensitatea razelor incidente (I), aşa că:

$$a = \frac{A}{I}$$

Corpul negru este corpul care are a=1, adică este acel corp care este puţin reflectat, puţin difuzat şi care nu lasă să treacă nimic din radiaţiile întrebuinţate. In natură un astfel de corp nu există, adică un corp absolut negru, însă artificial se poate face luînd o sferă de platină goală în interior şi prevăzută cu un mic orificiu prin care poate intra un fascicul luminos.

Corpurile care sînt incolore şi transparente se lasă să fie străbătute de toate radiaţiile spectrului luminos, pe cînd un corp colorat transparent este străbătut numai de acele radiaţii a căror suprapunere dă culoarea corpului, celelalte fiind absorbite. De ex. sticla roşie absoarbe toate radiaţiile afară de cele roşii. Dacă un corp transparent este luminat cu o lumină pe care o absoarbe în întregime, corpul ne apare opac şi negru. Corpurile opace şi colorate au culoarea datorită radiaţiilor reflectate difuz sau regulat pe suprafaţa lui. Un corp opac ne apare alb cînd difuzează în mod uniform toate radiaţiile luminii.

Se ştie de mult că radiaţiile luminoase capabile a produce o transformare fie de natură fizică sau chimică într-un corp, sînt numai acelea care sînt absorbite de corpul respectiv. Radiaţiile care îl traversează sau sînt reflectate, nu exercită nici o acţiune (legea lui Grottus-Draper).

Legea lui Kirchoff spune că raportul dintre puterea de emisie (e) a unui corp şi puterea lui de absorbţie (a), depinde de temperatură şi de lungimea de undă a radiaţiei întrebuinţate şi nu de natura şi forma corpului.

- Corpurile sînt luminiscente atunci cînd lumina emisă de ele are şi alte cauze (origini) decît cea termică. Se cunosc astfel o serie întreagă de luminiscenţe. Cele mai cunoscute sînt:

Fotoluminiscenţa ce reprezintă o radiere luminoasă datorită unei energii luminoase exterioară proiectată asupra corpului. In cazul în care corpul emite lumină numai atît timp cît este excitat de o radiaţie, fotoluminiscenţa se numeşte fluorescenţă; da-

că luminiscenţa durează un timp oarecare şi după ce încetează iluminarea ca o proroncă, fotoluminiscenţa se numeşte fosforescenţă. O limită de separaţie netă însă între aceste două luminiscenţe nu există.

1. Ca exemple de fluorescenţă avem:

- petrolul străbătut de lumina solară are o culoare galben-deschis. Privit dintr-o parte, astfel ca să vedem lumina radiată de particulele petrolului, ne apare cu o frumoasă lumină albastră;
- o soluţie incoloră de chinină sulfurică + cîteva picături SO_4H_2, are o fluorescenţă albastră;
- o soluţie alcoolică de clorofilă verde are o fluorescenţă roşie;
- o soluţie alcolică alcalină de fluoresceină are o fluorescenţă verde;
- o soluţie de eozină roşie dă o fluorescenţă portocalie.

Dintre corpurile solide fluorescente sînt fluorina (florura de calciu) şi cristalele de platinocyanură de bariu şi verdele de uran care atunci cînd sînt lovite de razele X prezintă o fluorescenţă albastră-verde. Sub acţiunea luminii Wood (0,38-0,33μ) se constată că celofanul, creta, sticla de uran, soluţiile de salicilat de sodiu, antipirina, hydrastina, etc, emit frumoase fluorescenţe.

In general, fluorescente pot fi numai solidele, lichidele vîscoase şi sticla.

2. Ca exemple de fosforescenţă avem sulfurile unor metale ca bariul, calciul, stronţiul, zincul, care prezintă frumoase fenomene de fosforescenţă.

Astfel, sulfura de zinc dă o fosforescenţă galben-verzuie şi sulfură de calciu dă o fosforescenţă violet-deschisă. Dacă se întinde pe o foaie de glas-papier un strat subţire de SO_4Zn, se lasă să se usuce şi apoi se expune unei surse puternice de lumină după care este lăsată la întuneric, foaia luminează un timp oarecare. Substanţa fosforescentă nu trebuie să fie absolut curată, ci să conţie urme uşcare de impurităţi (1/1.000) şi după natura acestor impurităţi fosforescenţa poate fi verde, albastră, galbenă sau portocalie. Dacă se încorporează în SO_4Zn urme de radiu, se obţine o substanţă radiferă cu o luminiscenţă permanentă, fără să mai fie nevoie de o expunere la soare sau altă sursă de excitare, căci energia razelor α ale radiului exercită o acţiune analoagă razelor solare.

Antracenul prezintă o fosforescenţă violetă prin acţiunea razelor u.v. asupra lui.

Fenomenul de fosforescenţă poate fi observat la corpurile care îmbracă toate stările posibile ale materiei: solide, lichide şi gaze.

Ca o aplicaţie a fenomenului de fosforescenţă avem construirea lămpilor aşa zise cu lumină rece; construite pentru prima dată în 1931 de sovietici S.S. Vavilov şi V.A.Fabricantov, care nu sînt altceva decît tuburi de descărcare în gaze rarefiate ce sînt umplute cu vapori de Hg şi a căror faţă internă a sticlei tuburilor este acoperită cu un strat de substanţe luminiscente cum ar silicaţii, wolframaţii şi cîteva săruri de diverşi acizi. Se poate obţine în tub orice culoare dorim, după natura substanţei luminofore întrebuinţate.

Aceste lămpi prezintă cîteva avantagii faţă de lămpile cu incandescenţă (becuri electrice) şi anume o economie de 3-4 ori mai mare şi o durată de funcţionare de 2-3.000 ore (adică de 2-3 ori durata unui bec obişnuit).

În medicină este aplicat fenomenul de fluorescenţă: pielea, smalţul dinţilor, sclerotica, cristalinul, sînt fluorescente, putîndu-se decela astfel orice alterare a acestor organe prin schimbările pe care le suferă acestea în tenta lor de fluorescenţă. Se pot diagnostica astfel diferite boli de piele, ochi (cataracte), cariile dentare. Cristalinul are în mod normal o fluorescenţă albastră foarte strălucitoare ce este modificată în cataracte. Fluorescenţa cristalinului se poate observa astfel: se priveşte o sursă de r.u.v. printr-o sticlă neagră specială care opreşte toate r.vizibile şi transmite numai r. u.v. Toată încăperea care ne înconjoară apare umplută cu un nor albăstrui asemănător fumului de ţigară. El reprezintă fluorescenţa cristalinului observată de retină. Petele de sperma prezintă la lumina Wood grăunţe de luminiscenţă albastră, putîndu-se astfel deosebi de puroi.

Termoluminiscenţa se produce prin încălzirea unui corp, însă nu pînă la incandescenţa lui. Astfel, chinina încălzită pînă la 180°C dă o luminiscenţă albastră. Fenomene asemănătoare prezintă diamantul, fluorina, sulfurile alcaline, sulfatul de cinconină. Un ecran cu o astfel de substanţă, izolat de lumina zilei, după cîteva zile devine aproape obscur, dar

străluceşte puternic îndată ce l-am încălzit deasupra unei sobe, revenind la starea iniţială, cînd se răceşte.

Triboluminiscenţa se produce atunci cînd lovim sau secţionăm anumite corpuri cum ar fi zahărul, creta, cristalii de mică. Ca exemple de triboluminiscenţă avem atunci cînd se agită într-o cameră obscură un vas ce conţine nitrat de uraniu, observîndu-se o licărire ce se produce pe peretele vasului lovit de cristali; cînd se triturează valerianatul de chinină, salofenul, salypyrina, etc.

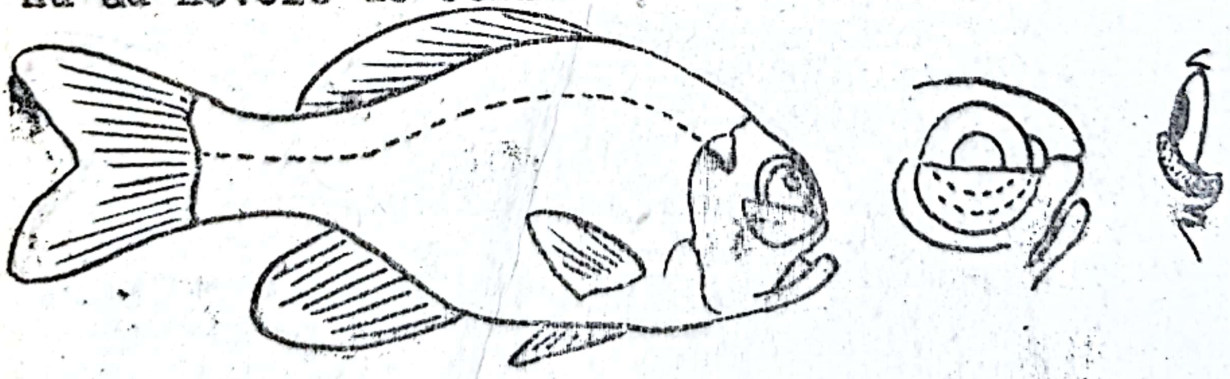
Cristaloluminiscenţa întovărăşeşte unele cristalizări, cum ar fi solidificarea argintului.

Electroluminiscenţa se produce prin trecerea descărcărilor electrice, cum ar fi r.catodice în special asupra pămînturilor rare.

Chimioluminiscenţa se produce în unele reacţii chimice cum ar fi oxidarea fosforului, putrefacţia lemnului, etc.

Bioluminiscenţa este o luminiscenţă naturală pe care o prezintă unele vieţuitoare cum ar fi:

- microbii fotogeni (fotobacterium marine şi terestre în grupa cărora intră b.fosforicum, pflugeri, luminosum, etc.);
- unele ciuperci (agaricus olearius);
- unele animale (noctiluca miliaris, pyrophore noctiluc-licuriciul). Organe luminiscente au şi peştii ce trăiesc la mari adîncimi unde s-ar crede că nu au nevoie de ochi deoarece nu este lumină. La

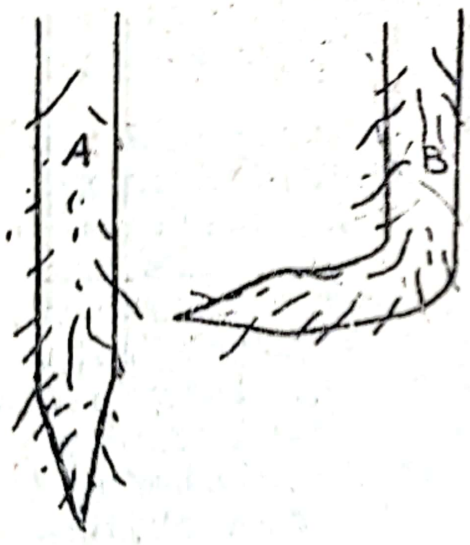


peştii din apele adînci "lămpile luminiscente" nu sînt o raritate, astfel de dispozitive posedînd cca. 90% din totalitatea peştilor ce trăiesc aci.

Fenomenul de bioluminiscenţă este de natură chimică şi anume este datorit prezenţei unei substanţe proteice oxidabile (luciferina) şi unei zimaze oxi-

dente (luciferaza). In vitro, la contactul acestor două substanţe, apare lumină. După unele cercetări se pare că ar mai fi şi un alt ferment: hydrocynaza.

Celulele tinere, în plină desvoltare emit nişte radiaţii din domeniul ultra-violet, radiaţii care au fost puse în evidenţă de histologul rus Gurwitsch (1923) şi de aceea fenomenul este numit fenomenul lui Gurwitsch: el a luat două rădăcini de ceapă neizolate de bulbul lor şi le-a aşejat în poziţia arătată în figură, astfel ca prelugirea rădăcinei B să fie în dreptul zonei de multiplicare celulară a rădăcinei A, adică la cca. 2 cm deasupra extremităţii inferioare. După 3-4 zile se fac la microtom secţiuni în serie la rădăcina A. Dacă se numără mitozele situate de o parte şi de alta a liniei mediane, se constată că acestea sînt cu mult mai numeroase în jumătatea de deasupra rădăcinei B, pe cînd, pe cînd în rădăcina B mitozele sînt aproape egale. Se deduce deci că activitatea cariokinetică este crescută sub influenţa rădăcinei B, fenomen pe care Gurwitsch l-a numit inducţie mitogenetică. Interpunerea unei lame de cuarţ sau apă între cele două rădăcini nu împiedică fenomenul care se observă chiar dacă se schimbă sistemul biologic, fie cel inductor, fie cel detector.



Deoarece fenomenul este împiedicat de interpunerea unei lame de sticlă sau gelatină, autorul a conchis că este vorba de o radiaţie ultra-violetă de cca. 2.000 A, fapt care a fost probat cu ajutorul hîrtiei sensibile şi a plăcii fotografice.

Din această experienţă se deduce clar că fenomenele fizico-chimice ce apar în celulele în plină desvoltare, sînt acompaniate de radiaţii u.v.

OPTICA FIZIOLOGICA

Ochiul.

Ochiul este organul vederii, iar din p.d.v. fizic, este un aparat care face să conveargă pe retină, razele emise de diferitele obiecte situate anterior la o distanţă oarecare. Aceste raze care diverg, pentru a ajunge pe retină spre a forma o imagine, traversează mai multe medii transparente cu indici de refracţie deosebiţi şi separate unele de altele prin suprafeţe asimilabile porţiunilor de sferă.

Cunoscînd felul în care se formează imaginea într-un dioptru, putem obţine imaginea printr-o serie de dioptrii, aşa cum îi constituie ochiul, dacă cunoaştem situaţiile dintre aceşti dioptrii, razele lor de curbură şi indicii de refracţie a tuturor mediilor. Pentru determinarea razelor de curbură a suprafeţelor de refracţie din ochi se foloseşte măsurarea imaginilor reflectate date de aceste suprafaţe atunci cînd se cunoaşte mărimea obiectului reflectat şi distanţa la suprafaţa examinată căci se ştie că mărimea obiectului este raportată la mărimea imaginii ca şi distanţa obiectului de oglindă faţă de raza polară a acesteia. Deci:

$$r = \frac{2 \delta a}{A}$$

formulă în care r= raza; δ=distanţa de la obiect la oglindă; A=mărimea obiectului; a=mărimea imaginii.

Constante optice.

1. Indici de refracţie:
   - -pentru cornee = 1,377
   - -pentru umoarea apoasă şi atreloasă = 1,336
   - -pentru cristalin (port. centrală) = 1,45
     (port. periferică) = 1,39

2. Raze de curbură:
   - -suprafaţa anterioară a corneei r = 8 mm
   - - " posterioară " r = 7 mm
   - - " anterioară a cristalinului în repaos r = 10 mm
   - - " posterioară a cristalinului în repaos r = 6 mm

3. Valorile dioptrice (după Gullstrand):
   - - suprafaţa anterioară a corneei = 43 D
   - - " " a cristalinului= 8 D

-suprafaţa posterioară a cristalinului = 13 D
- valoarea refractivă totală a cristalin. =20 D
(Sistemul cristalinian are 19,11 D în repaos şi 33,06 D în acomodare maximă)
-valoarea dioptrică totală a ochiului = 59 D
(Intensitatea de refracţie a sistemului ocular în întregime este de 58,64 D iar în acomodarea maximă de 70,57 D).

Dioptrii oculari.

Deoarece cei doi dioptrii corneeni se asimilează (razele de curburi sînt foarte apropiate), se consideră că ochiul uman este alcătuit din 3 dioptrii:

-dioptrul cornean format din umoarea apoasă şi aer pe care le separă corneea cu o grosime ce poate fi neglijată şi a cărui distanţă dintre vîrful corneei şi faţa anterioară a cristalinului este de cca. 3,6 mm;

-dioptrul cristalinian anterior ale cărui medii componente sînt de o parte umoarea apoasă şi de alta cristalinul şi care, pentru ochiul în repaos, are o rază de curbură de 10 mm;

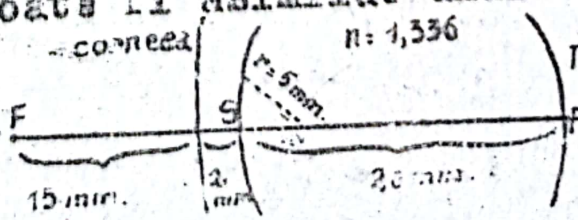
-dioptrul cristalinian posterior ce este constituit din cristalin şi corpul vitros, separate prin faţa posterioară a cristalinului, are raza de curbură de cca. 6 mm.

Observaţiile arată că axele principale ale acestor trei dioptri aproape coincid, aşa că ochiul poate fi asimilat cu un organ centrat, ceace permite de a construi direct imagini.

Ochiul redus.

In scop practic este comod de a considera ochiul în ansamblul său ca un sistem convergent elementar, adică ccnstituit dintr-un singur dioptru, lucru ce se verifică uneori şi în natură (de ex. la operaţii de cataractă şi în general în afakie, cînd lipseşte cristalinul), şi care constituie ceace se numeşte ochiul redus.

La ochiul redus, focarul posterior coincide cu retina (Listing). Astfel proprietăţile optice ale ochiului sînt mult simplificate graţie faptului că amsamblul celor 3 dioptri poate fi asimilat unui singur dioptru care are o rază de curbură de 5 mm şi care separă două medii cu indici de refracţie diferiţi: aerul de par-



tea convexităţii sale şi apa de partea concavităţii sale şi care are un indice de refracţie de 1,336. Faţa convexă a acestui dioptru este îndreptată către exterior şi mijlocul său se găseşte la 2 mm îndărătul polului corneei. El are un focar principal posterior (de partea retinei) la distanţă de 20 mm şi un focar principal anterior (în aer) la o distanţă de 15 mm.

Se demonstrează că în orice dioptru, raportul celor două distanţe focale este egal cu raportul indicilor de refracţie a mediilor corespondente. Pentru ochiul redus s-a verificat că:

$$\frac{SF}{SF'} = \frac{20}{15} = 1,33$$ valoare care constituie indicele de refracţie a apei în raport cu aerul.

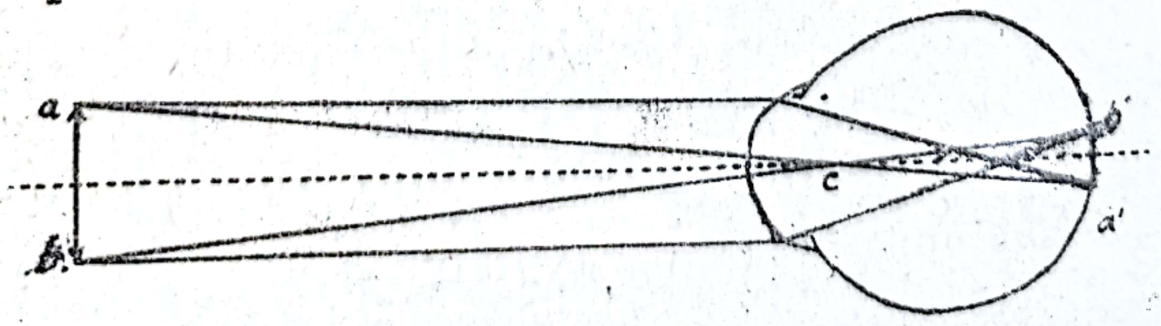
Într-un dioptru constituit dintr-o singură suprafaţă sferică distanţele focale (f şi f') care separă fiecare focar de polul superficial, sînt date de formulele:

$$f = R.\frac{1}{n-1} \qquad f' = R.\frac{n}{n-1} \qquad \text{deci:}$$

$$f = 5.\frac{1}{1,33} = 15 \text{ mm} \qquad f' = 5.\frac{1,33}{1,33-1} = 20 \text{ mm}$$

Consideraţia ochiului redus a lui Listing permite astfel de a trata cu o mare simplicitate orice chestiune de optică geometrică privind organul vederii.

Percepţia obiectelor nu se face net decît dacă imaginile acelor obiecte vin să se formeze pe elementele senzoriale ale retinei. Această condiţie impusă prin raţionament, a putut fi verificată experimental subţiind peretele posterior al unui ochi de bou enucleat, cînd se ajunge să se perceapă prin transparenţă imaginile nete ale obiectelor exterioare. La om pe viu acelaşi fenomen se constată cu ajutorul oftalmoscopului. Imaginea în ochi se formează astfel: Să considerăm un obiect situat la mare distanţă şi din acesta două puncte extreme (a şi b). Din razele care pleacă

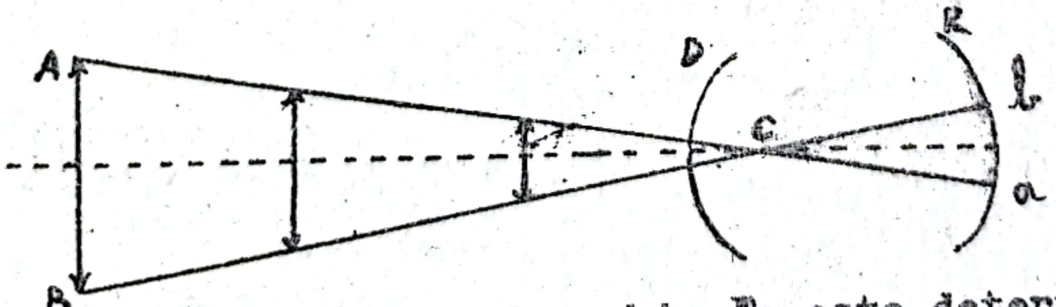


de la fiecare punct să considerăm cîte două şi anume

una trecînd prin centrul optic al ochiului (c) şi care ajunge la retină nedeviată (ax secundar), alta care merge să întîlnească suprafaţa corneană într-un punct cuprins în spaţiul zonei optice a corneei şi care odată refractată va ajunge la axul secundar. Punctul de întîlnire a celor două raze constituie conjugata (punctul imagine) a punctului obiect considerat. Ansamblul tuturor conjugatelor a tuturor punctelor luminoase care constituie obiectul, reprezintă imaginea optică care va fi reală, întoarsă şi mai mică ca obiectul.

Teoria şi experienţa sînt de acord pentru a stabili că imaginile formate pe retină sînt întoarse în raport cu obiectele, de unde chestiunea mult timp discutată de a şti cum noi putem totuşi să avem o percepţie vizuală corectă a lumii exterioare. Această dificultate dispare dacă ne gîndim că noi nu "vedem" imaginile proprilor noastre retine ci "asociem" printr-o experienţă care începe din fragedă copilărie şi care este bazată pe simţul tactil cînd fiecare punct retinian este asociat cu o direcţie oarecare a spaţiului.

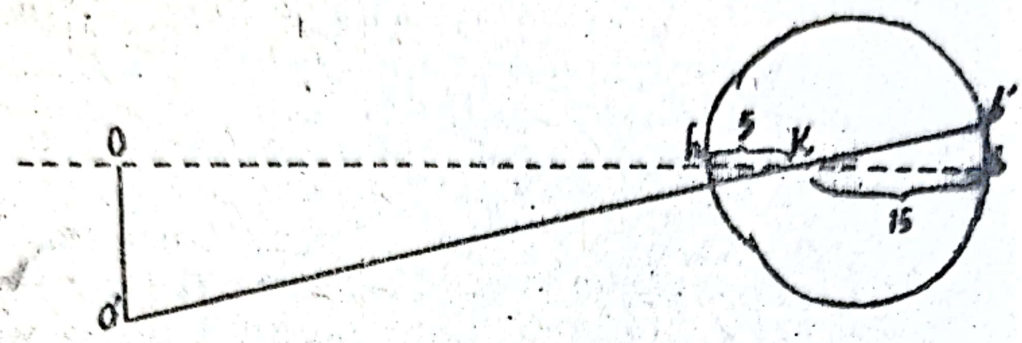
Mărimea imaginei retiniene (valoarea de mărire a sistemului optic ocular; acuitatea vizuală. Este interesant de semnalat că dimensiunile imaginilor retiniene sînt foarte mici în raport cu obiectele exterioare. Pentru a lua un exemplu: un om de 1,70 m aşezat la 25 m de subiect va da pe fundul ochiului o imagine de aproximativ 1/10 mm. Simpla consideraţie a figurei de mai jos arată de altfel că această imagine nu va depinde numai de dimensiunile obiectului,



dar şi de distanţa sa de ochi. Ea este determinată prin urmare numai de unghiul acb care poate fi acelaşi pentru obiecte diferite. Acest unghiu, sau unghiul ACB care îi este egal şi căruia i s-a dat numele de diametru aparent, joacă un rol important aşa cum vom vedea mai jos, în teoria acuităţii vizuale.

Cînd un obiect se îndepărtează, unghiul aparent devine din ce în ce mai mic şi corelativ imaginea re-

mărimea lor reală ci sub mărimea lor unghiulară. Din cele de mai sus reese că raportul de mărime dintre obiect şi imagine este legat de distanţa de la obiect la centrul optic (în ochiul redus) şi respectiv la distanţa de la acesta la retină (15 mm). Notînd cu OO' mărimea obiectului şi distanţa sa de la centrul optic (distanţa de la cornee+ distanţa de la aceasta la centrul optic=9 mm), mărimea imaginei bb' va fi exprimată considerînd cele două triunghiuri OO'K şi



bb'K, din formula $bb' = i = \frac{OO' \cdot 15}{OK}$ (i=mărimea imaginei)

Într-adevăr din cele două triunghiuri rezultă egalitatea:

$$\frac{OO'}{bb'} = \frac{OK}{15}$$

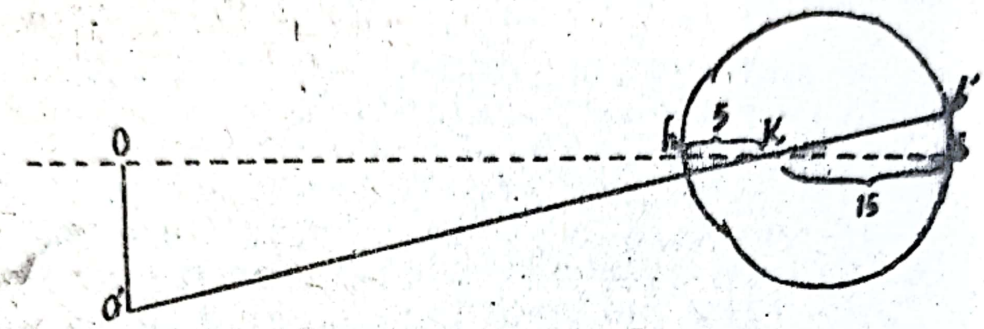
Valoarea de mărire (I) este exprimată atunci de formula:

$$I = \frac{O}{i} \quad (O = \text{mărimea obiectului})$$

Dacă obiectul de ex. este înalt de 1 m şi distanţa dela ochi 5 m, imaginea va fi i= 1000 . 15 / 5000 =3 mm în ci[illegible] rotundă, adică va fi de 333 de ori mai mică decît obiectul.

Acuitatea vizuală sau puterea separatoare reprezintă cel mai mic diametru aparent al unui obiect bine luminat sub care se pot distinge extremităţile acelui obiect. Ea reprezintă un unghiu de cca. 1' cînd obiectul este la o distanţă de ochi de 25 cm (limita vederii clare), unghiu care corespunde la faptele că între extremităţile obiectului trebuie să fie o distanţă de 0,1 mm, iar pe retină între extremităţile imaginei corespunde o distanţă de cca. 4 μ. Cu cît distanţa vederii clare este mai mică, cu atît acel ochi va avea o acuitate vizuală mai mare. Ca să vedem clar un obiect este nevoie să fie cît mai aproape de ochi ochi în acest caz unghiul se măreşte, însă la o distanţă prea mică, ochiul începe să obo-

tinică diminuă ca mărime. Noi nu vedem deci obiectele în mărimea lor reală ci sub mărimea lor unghiulară. Din cele de mai sus reese că raportul de mărime dintre obiect şi imagine este legat de distanţa de la obiect la centrul optic (în ochiul redus) şi respectiv la distanţa de la acesta la retină (15 mm). Notînd cu OO' mărimea obiectului şi distanţa sa de la centrul optic (distanţa de la cornee+ distanţa de la aceasta la centrul optic=9 mm), mărimea imaginei bb' va fi exprimată considerînd cele două triunghiuri OO'K şi



bb'K, din formula $bb' = i = \frac{OO' \cdot 15}{OK}$ (i=mărimea imaginei)

Într-adevăr din cele două triunghiuri rezultă egalitatea:

$$\frac{OO'}{bb'} = \frac{OK}{15}$$

Valoarea de mărire (I) este exprimată atunci de formula:

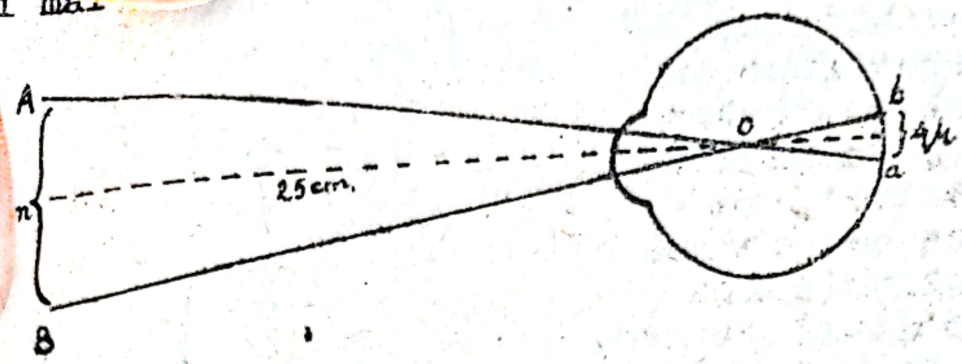
$$I = \frac{O}{i} \quad (O = \text{mărimea obiectului})$$

Dacă obiectul de ex. este înalt de 1 m şi distanţa dela ochi 5 m, imaginea va fi i= 1000 . 15 / 5000 =3 mm în cifră rotundă, adică va fi de 333 de ori mai mică decît obiectul.

Acuitatea vizuală sau puterea separatoare reprezintă cel mai mic diametru aparent al unui obiect bine luminat sub care se pot distinge extremităţile acelui obiect. Ea reprezintă un unghiu de cca. 1' cînd obiectul este la o distanţă de ochi de 25 cm (limita vederii clare), unghiu care corespunde la faptul că între extremităţile obiectului trebuie să fie o distanţă de 0,1 mm, iar pe retină între extremităţile imaginei corespunde o distanţă de cca. 4 μ. Cu cît distanţa vederii clare este mai mică, cu atît acel ochi va avea o acuitate vizuală mai mare. Ca să vedem clar un obiect este nevoie să fie cît mai aproape de ochi ochi în acest caz unghiul se măreşte, însă la o distanţă prea mică, ochiul începe să ob-

...uitatea vizuală ...

...vizuală se determină ca o valoa-
...ală cu dimensiunea unghiulară
...articole ce se distinge cu ochiul
...ei ma...



Ca unitate de acuitate vizuală se ia acuitatea unui ochi care distinge net două puncte separate între ele de un unghi de 1' (minimum separabil). Pentru un ochi care separă două puncte la distanţa de 10', acuitatea va fi: 1/10.

Dacă avem două puncte (A şi B) spre care aţintim privirea, imaginile se formează pe retină în a şi b, cînd se găsesc la o distanţă oarecare. Dacă însă se apropie sub un anumit unghiu, va veni un moment cînd nu vom percepe două imagini ci una singură, adică percepem un singur punct.

Explicaţia acestui fenomen o găsim în structura retinei din regiunea petei galbene, unde, pentru a avea imaginile a două puncte este nevoie ca acestea să se formeze pe două elemente receptoare retiniene distincte. Aceste elemente receptoare sînt celulele cu conuri şi baştonaşe care după recepţionare, transmit senzaţiile luminoase şi prin intermediul nervului optic, ajung la sistemul nervos central. Ori s-a stabilit că pentru a avea două imagini distincte, este nevoie ca imaginile să se formeze pe două celule despărţite între ele de cel puţin o celulă neimpresionată. Insă cu cît se micşorează distanţa dintre două puncte, cu atît se micşorează distanţa dintre imagini, astfel că atunci cînd sînt impresionate două celule vecine, căpătăm o singură imagine.

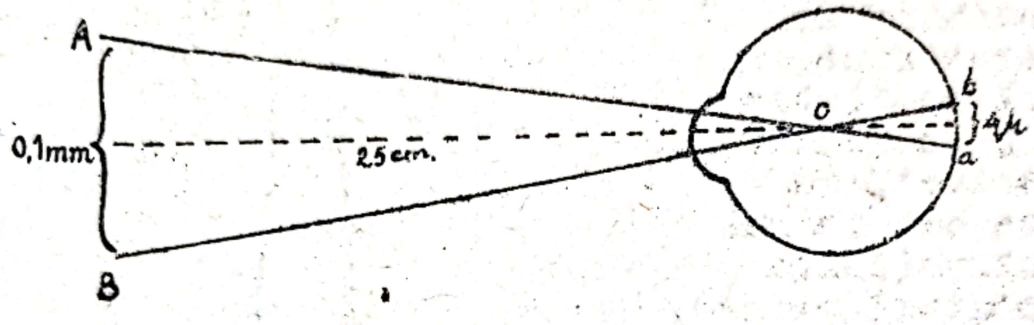
Acuitatea vizuală, variază în funcţie de cîţiva factori şi anume:

- In funcţie de cîmpul vizual. Imediat ce ne depărtăm de fozeta centrală, acuitatea scade rapid

sească.

In acest caz, acuitatea vizuală (v) va fi egală cu: $v = 1/\alpha$.

Deci acuitatea vizuală se determină ca o valoare invers proporţională cu dimensiunea unghiulară a celei mai mici particole ce se distinge cu ochiul liber.



Ca unitate de acuitate vizuală se ia acuitatea unui ochi care distinge net două puncte separate între ele de un unghi de 1' (minimum separabil). Pentru un ochi care separă două puncte la distanţa de 10', acuitatea va fi: 1/10.

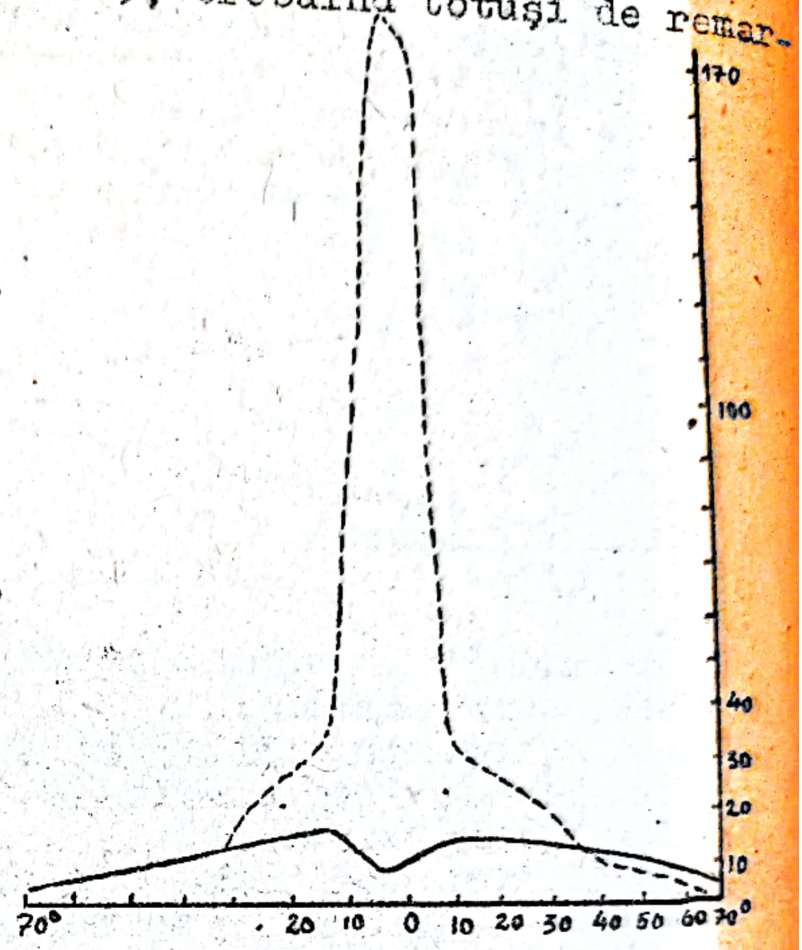
Dacă avem două puncte (A şi B) spre care aţintim privirea, imaginile se formează pe retină în a şi b, cînd se găsesc la o distanţă oarecare. Dacă însă se apropie sub un anumit unghiu, va veni un moment cînd nu vom percepe două imagini ci una singură, adică percepem un singur punct.

Explicaţia acestui fenomen o găsim în structura retinei din regiunea petei galbene, unde, pentru a avea imaginile a două puncte este nevoie ca acestea să se formeze pe două elemente receptoare retiniene distincte. Aceste elemente receptoare sînt celulele cu conuri şi bastonaşe care după recepţionare, transmit senzaţiile luminoase şi prin intermediul nervului optic, ajung la sistemul nervos central. Ori s-a stabilit că pentru a avea două imagini distincte, este nevoie ca imaginile să se formeze pe două celule despărţite între ele de cel puţin o celulă neimpresionată. Insă cu cît se micşorează distanţa dintre două puncte, cu atît se micşorează distanţa dintre imagini, astfel că atunci cînd sînt impresionate două celule vecine, căpătăm o singură imagine.

Acuitatea vizuală, variază în funcţie de cîţiva factori şi anume:

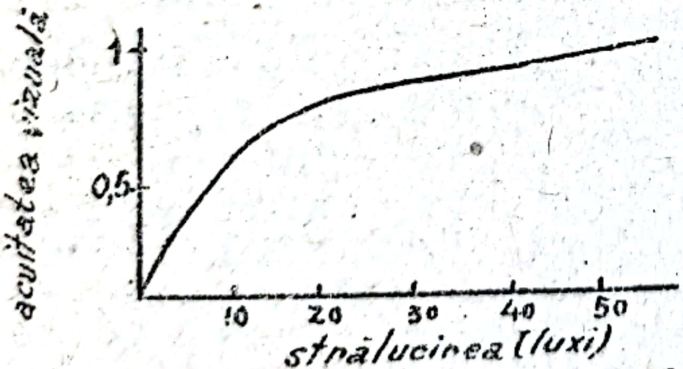
- In funcţie de cîmpul vizual. Imediat ce ne depărtăm de fozeta centrală, acuitatea scade rapid

(curba în linii punctate), trebuind totuşi de remarcat că acest lucru depinde după cum explorarea este făcută la lumina zilei sau la obscuritate cu un ochi adaptat timp de 20'. Adaptatea face să crească acuitatea vizuală la periferia retinei, în timp ce ea diminuă la centru (curba în tresături pline).



Curbele reprezintă varistiile acuităţii vizuale în funcţie de zonele retiniene şi deci sînt foarte diferite în cele două cazuri.

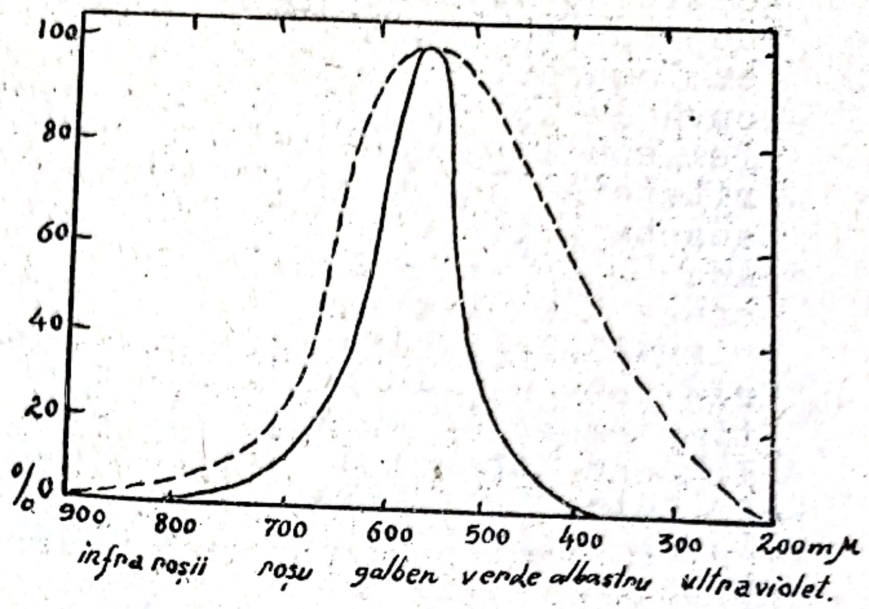
- Intensitatea luminoasă. Pentru ca un obiect să fie văzut clar, trebuie ca să fie atins pragul intensităţii luminoase. Observaţiile curente ne arată că percepţia formelor devine din ce în ce mai dificilă pe măsură ce scade intensitatea luminoasă. Se constată că pentru o creştere a intensităţii superioară unei zecimi de lux, acuitatea vizuală nu mai creşte decît foarte puţin.



- Imaginea să fie destul de mare (să fie excitate două celule nervoase).

- Radiaţiile cuprinse între roşu şi verde sînt singurele susceptibile de a da o bună acuitate. Acelea ce merg dela verde spre violet produc străluciri luminoase considerabile, dar nu permit o viziune bună a detaliilor. Este de notat de asemeni că maximum de acuitate corespunde culorii galben-

verde, culoare care posedă cel mai mare coeficient de luminozitate şi pentru care energia spectrului solar este maximă. Deci aci este o consecinţă evidentă a adaptării ochiului la lumina zilei. In figura alăturată se vede sensibilitatea spectrală a ochiului (în tresături pline) şi a celulei foto-electrice cu seleniu (în tresături punctate).



- Diametrul pupilar este şi el un factor destul de important. Cînd strălucirea este slabă, constricţia pupilară diminuînd cantitatea de lumină ce pătrunde în ochi, duce la o scădere a acuităţii. Pentru luminări puternice, această constricţie este fără importanţă.

Acuitatea vizuală se măsoară cu optotipul, care nu este altceva decît o scară a diverselor acuităţi vizuale. Vom descrie acest dispozitiv atunci cînd vom vorbi despre măsurarea şi corijarea ametropiilor.

Ochiul fiziologic. Ochiul fiziologic se îndepărtează de ochiul schematic prin următoarele elemente:

- Prin comportarea curburii corneene. Curbura corneană nu reprezintă o calotă sferică. După Helmholtz ea este considerată ca un segment de elipsoid, adică o suprafaţă produsă de rotaţia unui elipsoid în jurul axului său cel mai mare. Corneea se poate divide în două părţi: una centrală care este aproximativ sferică (partea optică) şi una periferică care este mult aplatizată (partea bazală).

- Prin comportarea curburii suprafeţei cristaliniene. In adevăr, în timpul procesului de acomodare la distanţă, cristalinul îşi modifică razele sale de curbură.

- Prin indicele de reflexie totală a cristalinului. Cristalinul nu are o densitate uniformă ci variabilă strat cu strat, din centru la suprafaţă; el aparţine aşa numitelor medii heterogene. In examenul

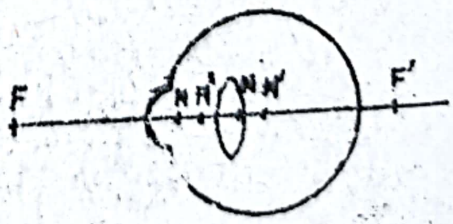
diferitelor straturi (cortex şi nucleu) rezultă că indicele total al cristalinului este mai mare nu numai ca indicele mediu al straturilor cristaliniene mai superficiale dar şi ca cel al nucleului.

- Prin lipsa de centraj a diferitelor suprafeţe refringente. In ochiul schematic se consideră diferitele suprafeţe ca centrate pe o linie numită axa optică. In ochiul fiziologic acest centraj nu este exact păstrat şi pupila nu este exact centrată faţă de axul vizual.

Cu aceste mici diferenţe faţă de ochiul redus, ochiul fiziologic se prezintă ca un sistem de mai mulţi dioptrii centraţi şi deci prezintă ca orice sistem de mai mulţi dioptrii, următoarele puncte cardinale cărora trebuie să le cunoaştem proprietăţile şi poziţiile pentru a construi mersul razelor luminoase:

1. In raport cu vîrful anterior al corneei există două planuri principale (H şi H') şi respectiv două puncte principale care sînt asociate astfel, încît atunci cînd o rază incidentă trece prin primul, raza corespondentă emergentă trece prin al doilea. Ele sînt aşa de apropiate unul faţă de altul în camera anterioară, că pot fi considerate ca un punct unic situat la 2 mm. îndărătul corneei. Dacă luăm în consideraţie planurile principale, dacă o rază incidentă pătrunde în dioptru prin planul principal la o distanţă oarecare de ax, ea va eşi prin celălalt plan principal la o distanţă egală de acest ax. Astfel cînd un obiect se găseşte în planul principal, imaginea se găseşte în celălalt şi este egală cu obiectul. Planul anterior (H) este la 1,35 mm. şi cel posterior (H) la 1,60 mm. îndărătul vîrfului corneei.

2. Două puncte nodale (N şi N'), astfel ca o rază incidentă trecînd prin punctul nodal anterior, va eşi din dioptru urmînd o direcţie paralelă cu primul trecînd prin al doilea punct nodal. Punctele nodale corespund practic centrului optic al sistemului dioptric şi sînt atît de apropiate că pot fi considerate ca un punct situat aproape de polul posterior al cristalinului la aproximativ 7 mm. îndărătul

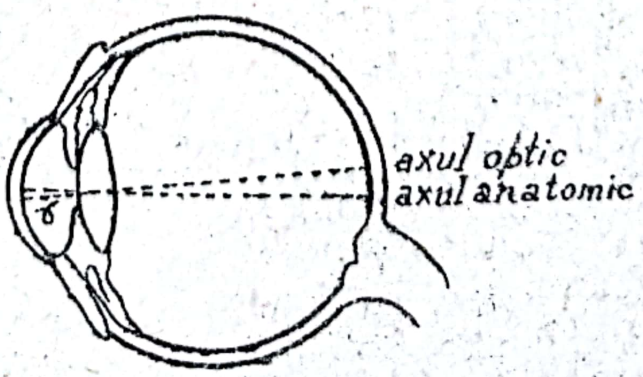


tul corneei. Razele care trec prin acest punct nu sînt refractate şi constituie, sau raze axiale sau raze secundare. Dacă de o parte şi de alta a sistemului este acelaşi mediu, punctele nodale corespund cu punctele principale.

3. Două focare principale (F şi F') în care vin să se refracte razele paralele axului. Primul focar principal (F) este situat la 15,89 mm. înaintea corneei şi în el se întîlnesc razele paralele venite din vitros. Al doilea focar (F') este la 22,92 mm. îndărătul planului principal-imagine pe retină, ceace dă o distanţă focală-obiect de 17,24 mm. şi o distanţă focală-imagine de 22,92 mm. Cele două distanţe focale sînt inegale pentru că razele abordează globul ocular mergînd în aer şi termină parcursul lor în vitros de indice de refracţie diferit.

Pe lîngă aceste puncte cardinale, la ochi mai deosebim:

- Centrul de rotaţie al globului ocular se găseşte în vitros la aproximativ 20 mm. înaintea retinei.
- Axul optic este linia care uneşte centrul corneei, punctul nodal şi focarul pricipal posterior.
- Linia vizuală este linia care merge dela obiectul considerat la maculă, trecînd prin punctul nodal.
- Linia de fixaţie este linia care uneşte obiectul considerat cu centrul de rotaţie; ea corespunde practic liniei vizuale.
- Axul anatomic sau antero-posterior este axul care uneşte polul anterior cu cel posterior şi trece prin centrul anatomic al globului ocular.
- Unghiul alfa este unghiul delimitat de axul anatomic cu axul optic.
- Unghiul gama este unghiul delimitat de axul anatomic şi axul vizual.

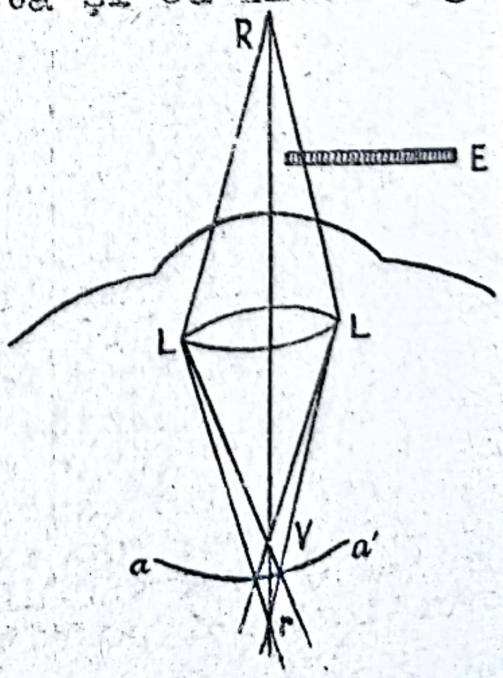


Aberaţiile ochiului.

Ochiul uman prezintă diverse aberaţii optice pentru care în nici un caz imaginea unui punct luminos nu este punctiformă.

Aberaţia de sfericitate. Este o aberaţie comună tuturor sistemelor dioptrice cu deschizături ample; însă în ochiul uman este mult diminuată pe de o parte din cauza deschizăturii pupilare care limitează fascicolul luminos (aberaţia este mai evidentă cînd pupila este dilatată) şi pe de altă parte din cauza cristalinului căci razele fascicolului luminos care sînt mai depărtate de axul principal, traversează periferia cristalinului a cărui indice de refracţie este inferior celui a porţiunii centrale. Razele marginale vor refracta deci într-un punct mai depărtat de lentilă decît dacă ar traversa o lentilă omogenă; punctul de întretăiere a razelor marginale se va apropia de cel al razelor centrale şi astfel aberaţia se micşorează. Deci în condiţiile obişnuite acuitatea vizuală nu este sensibil alterată din cauza acestei aberaţii. Pentru a o face vizibilă trebuiesc condiţii speciale. Astfel, cînd imaginea unei deschideri foarte mici luminată de o sursă, se formează în faţa sau în spatele retinei, punctul luminos pare desfăcut ca o stea. Această aparenţă de imagine în stea persistă chiar şi în cazul cînd imaginea se formeată pe retină dacă sursa luminoasă este suficient de intensă. Prezenţa picăturilor de grăsime sau a particolelor de praf la suprafaţa corneei, modifică aparenţa punctului luminos.

Aberaţia cromatică. Există şi ea într-un grad mic în orice ochi uman şi se pune în evidenţă prin următoarea experienţă: înaintea unei mici deschideri (A) făcută într-un ecran şi luminată de o sursă de lumină albă, se aşează o lamă de sticlă (E) ce lasă să treacă numai razele roşii şi violete. Din cauza inegalităţii lor de refracţie, razele violete după refracţia prin dioptrii oculari vor converge într-un punct (v) mai apro-



piat de cornee, în timp ce razele roşii vor converge într-un punct mai depărtat (r). De aici rezultă că dacă retina se va găsi în dreptul lui v, imaginea retiniană a lui A va fi violetă în centru şi roşie pe margini. Dacă însă retina se va găsi în dreptul punctului r, imaginea va fi violetă în centru şi albastră la margini. In fine, imaginea va fi uniform colorată în violet pe toată întinderea sa cînd retina va ocupa poziţia a-a' ce corespunde cu intersecţia celor două conuri a razelor albastre şi roşii.

Experienţa arată că deschiderea A poate apare ca violetă în centru şi roşie sau albastră pe margini, sau ca uniform colorată în violet, după cum, modificînd stare de acomodare a ochiului, facem să se formeze imaginea lui A, în spatele, în faţa sau chiar pe retină.

Aberaţia de cromacitate este mai puţin aparentă cu lumina albă, totuşi şi în acest caz experienţa reuşeşte, dacă lucrăm aşa cum urmează: cînd se priveşte o suprafaţă albă dispusă pe un fond negru, marginile acestei suprafeţe ni se prezintă irizate în albastru sau în roş-gălbui, după cum imaginea sa vine să se formeze în faţa sau în spatele retinei. Dacă imaginea acestei suprafeţe se formează chiar pe retină, aberaţia cromatică a ochiului este mai puţin evidentă şi nu se percepe o irizaţie pe marginile suprafeţei albe decît cu condiţia de a suprima o jumătate din fascolul de raze care pătrunde în ochi. Această suprimare se obţine aşezînd la o mică distaţă de cornee un ecran opac care să acopere cam jumătate din pupilă. In tot cazul, în această experienţă irizaţiile sînt întotdeauna slabe.

Mult mai importante decît aberaţiile de mai sus sînt aberaţiile de refracţie. Un ochi optic normal se numeşte emetrop. Teoretic ochiul este emetrop atunci cînd focalul principal (sau focarul posterior) cade pe retină, adică atunci cînd razele incidente paralele (provenind de la infinit) se reunesc după refracţie pe retina sa; retina este atunci conjugată la infinit (retina se găseşte la 22,8 mm. de faţa anterioară a corneei). In practică concepţia de emetropie este mai complexă pentru că în nici un caz nu avem un focar punctiform ci din contra, o caustică focală. De aceea considerăm emetrop acel ochi la care retina cade ceva mai înaintea vîrfului causticei, adică în secţiunea causticei mai potrivită pentru vederea netă.

Ochiul fiziologic este un ochi optic imperfect; faţă de ochiul schematic este uşor hipermetrop (H = 0,25 - 0,50 D) pentru că vîrful causticei cade puţin mai îndărătul retinei (Gullstrand).

Deci, pentru ca un ochi să fie emetrop, se cer următoarele condiţii:

- dioptrii ochiului să fie formaţi din suprafeţe de revoluţie în jurul axului principal;
- distanţa focală posterioară să fie egală cu lungimea axului antero-posterior.

Cînd ochiul nu întruneşte una din aceste condiţii, se zice că este ametrop, di unde rezultă două feluri de ametropii:

- Ametropii simetrice, focale sau stigmice în care dioptrii sînt suprafeţe de revoluţie dar nu este coincidenţă între planul local şi ecranul retinian, adică razele incidente paralele sînt reunite în acelaş punct care însă nu este situat pe retină.
- Ametropii asimetrice sau astigmatismul în care există un defect de simetrie a uneia sau a mai multe suprafeţe de separaţie a mediilor refringente oculare.

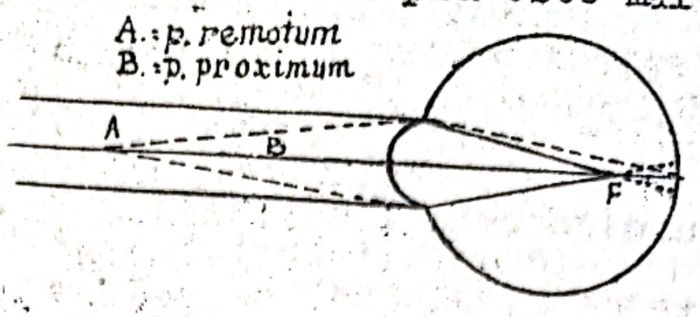
I. Ametropiile simetrice s divid în două forme fundamentale: hipermetropia şi miopia. Această diviziune este bazată pe principii diferite:

1. Faţă de poziţia celui le al doilea focar principal al ochiului în raport cu ecranul retinian. In ochiul emetrop focarul coincide cu retina. In ochiul miop (M) focarul se găseşte înaintea retinei iar în ochiul hipermetrop (H) el se găseşte îndărătul retinei. In fiecare caz s înţelege excluderea intervenţiei acomodării (ochiul în repaus).

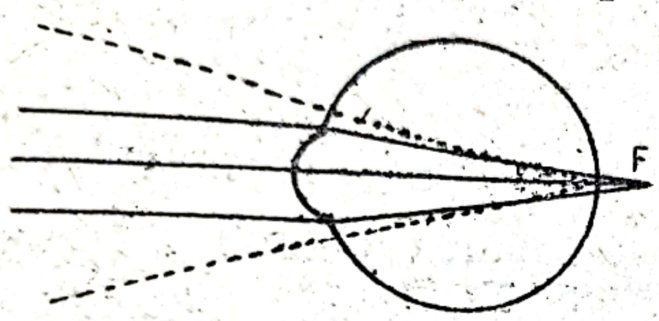
2. Faţă de poziţia punctului remotum (R), adică a punctului în care se reuneau razele provenite din fundul ochiului şi ieşite din ochi excluzînd întotdeauna intervenţia acomodaţiei. In ochiul emetrop, R este la infinit.

Miopia este anomalia de refracţie în care sistemul ocular este prea convergent în raport cu lungimea axului antero-posterior al ochiului, adică focarul posterior este înaintea retinei, fie pentru că ochiul este prea lung (miopia axilă), fie din cauză că este prea refringent cristalinul (miopia de indice). Imaginea se formează deci înaintea retinei, aşa că pentru un astfel de ochi obiectele situate la infinit nu sînt văzute clar, ci cît punctum remotum

este mai apropiat de ochi, cu atît miopia este mai puternică. Ochiul miop este deci ochiul a cărui punct remotum este situat înaintea lui la o distanţă oarecare, finită.



Hipermetropia este anomalia de refracţie în care sistemul ocular este prea puţin convergent în raport cu lungimea axului antero-posterior al ochiului, deci el are focarul posterior îndărătul retinei. Acest ochi nu poate percepe nici o imagine netă a obiectelor îndepărtate decît dacă razele ajung convergente; punctum remotum este deci virtual la o distanţă finită îndărătul ochiului.



Presbiţia(presbus = bătrîn). Puterea de acomodare diminuă cu vîrsta deoarece la bătrîneţe cristalinul numai poate acomoda. Punctum proximum începe să se depărteze, aşa că se ajunge la un fel de hipermetropie. Presbiţia poate atinge orice fel de vedere (emetrop, ametrop), punctum proximum putînd ajunge punctum remotum.

Importanţa situaţiei p.remotum. Prin poziţia sa în raport cu globul ocular p.remotum defineşte natura ametropiei, iar prin distanţa sa el îi măsoară mărimea. Situaţia p.remotum, punct conjugat al retinei pe ochiul în repaos, permite deci de a clasa ametropiile căci cu cît el va fi mai apropiat de ochi fie înainte, fie îndărăt, cu atît ametropia va fi mai mare.

Gradul ametropiei. Discordanţa dintre puterea refringentă a ochiului şi lungimea axului ocular se poate măsura cu o exactitate maximă. Cu cît această discordanţă este mai însemnată, cu atît gradul ametropiei este mai mare (se măsoară în dioptrii).

Calculul poate fi făcut prin mijloace obiective sau subiective, însă datele celor două examene trebuie să coincidă. Teoretic gradul ametropiei se calculează în raport cu distanţa şi semnul p.remotum (R).

El poate fi definit prin inversul distanţei p.remotum la unul din punctele cardinale ale sistemului optic ocular (de ex.focarul posterior).Gradul ametropiei este exprimat de formula:

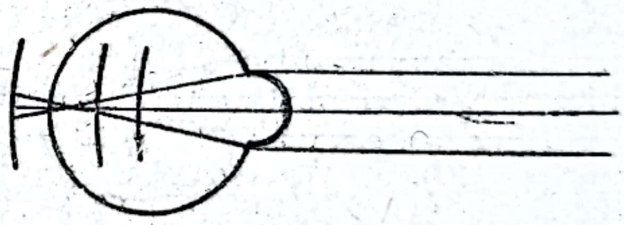
$$D = \frac{I}{R} = \frac{100\ cm}{x\ cm}$$

De ex. un miop care are p.remotum la 50 cm. va avea o miopie corespondentă de 2D ; M = 100/50=2 D.

P.remotum în miopie, cînd se exclude acomodaţia, coincide cu punctul de vedere netă, în hipermetropie p.remotum nu poate fi determinat decît cu mijloace speciale pentru că există numai în teorie.

Distanţa de la punctul remotum trebuie să se refere la punctul principal respectiv al sistemului dioptric ocular a cărui poziţie este stabilită în baza unei formule speciale; cînd se referă la vertexul corneean se comite o mică eroare care practic poate fi însă omisă.

Vederea ametropului necorectat.Ochiul ametrop stigmic vede prin cercuri de difuziune. Punctul obiect va da pe retină nu imaginea unui punct, ci a unui mic cerc de difuziune ce corespunde planului de secţiune prin retină a unui con convergent pe care-l formează aceste raze înaintea reunirii lor sau a unui con divergent cînd ele îl constituie după reunirea lor; imaginile obţinute în aceste condiţii vor fi difuze.Fascicolul refractat este tăiat într-adevăr de retină dincolo sau dincoace de punctul focal; în loc de un punct se va găsi aşa dar un cerc luminos care va fi cu atît mai mare, cu cît distanţa dela focar la retină este mai mare şi deci mai mare şi ametropia. Cercul de difuziune este influenţat şi de prezenţa diafragmului pupilar care poate reduce deschizătura sistemului optic ocular împiedicînd trecerea razelor periferice ale fascolului. Cu cît diametru pupilar este mai mic cu atît vor fi mai mici cercurile de difuziune.

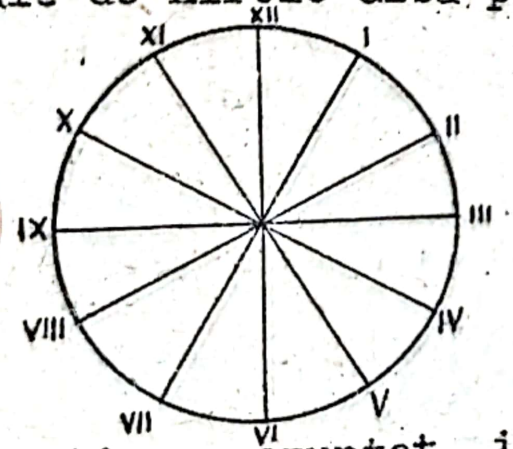


Ametropul necorectat vede obiectul şters pentru că fiecărui punct obiect îi corespunde un disc imagine. Imaginea confuză va fi puţin mai mare ca aceia netă şi apoi fiecare diametru va fi mărit de

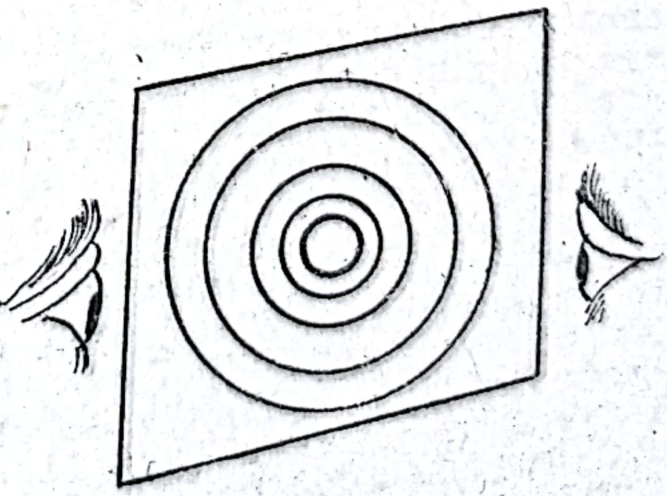
două jumătăţi de cerc.

II. Ametropia asimetrică-astigmatismul. Ochiul normal este simetric în raport cu un ax vecin axului optic. Toate secţiunile acestui organ în mijlocul planurilor trecînd prin acest ax sînt deci identice. Dar există ochi în care suprafeţele diverşilor dioptrii oculari nu mai sînt porţiuni de sferă. Raza de curbură a acestor suprafeţe variază atunci după planul de secţiune. Ne mai fiind suprafeţe de revoluţie dioptrii ochiului nu mai au aceiaşi refracţie în toate meridianele, obţinîndu-se astfel astigmatismul. Cauza cea mai comună a astigmatismului ocular este forma particulară pe care o poate lua corneea, dar pot interveni şi alte elemente care îl influenţează neutralizîndu-l în parte, sau se adaugă la astigmatismul corneean.

Astigmatismul de cornee se poate observa astfel: aşezăm la o distanţă mică de ochiul celui examinat, o foaie de hîrtie albă pe care sînt trasate în negru cercuri concentrice. In mijloc, foaia prezintă un mic orificiu prin care privim. Pe cornee va apare imaginea cercurilor (discul lui Placido). Dacă corneea este sferică şi aceste cercuri proiectate vor fi tot sferice. Dacă individul are un astigmatism pronunţat, imaginea este deformată mai mult sau mai puţin după gradul astigmatismului.



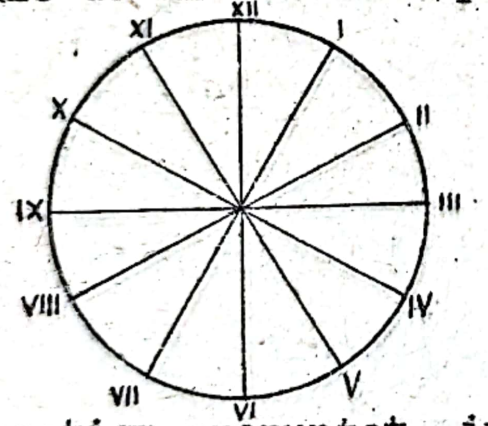
Determinarea astigmatismului se face cu ajutorul cadranului astigmatic (oral). Pacientul cu astigmatism plasat înaintea cadranului format din raze radiare numerotate ca un orologiu, este incapabil de a vedea toate liniile cu o egală netitate. Linia care este văzută cel mai distinct şi aceea care este văzută cel mai puţin distinct indică axele celor două meridiane principale: primul corespunzînd meridia-



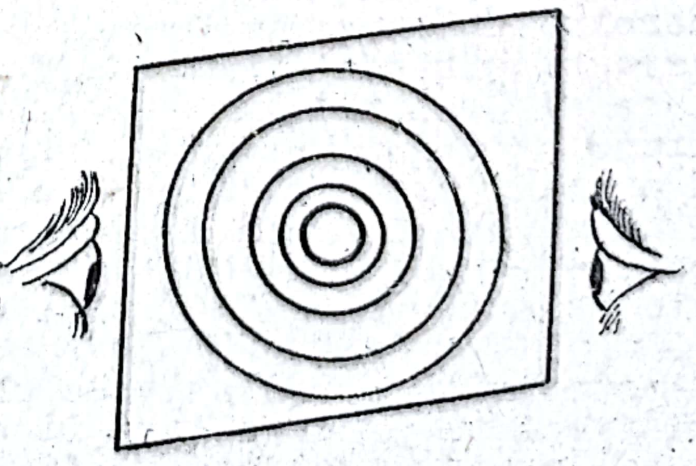
două jumătăţi de cerc.

II. Ametropia asimetrică-astigmatismul. Ochiul normal este simetric în raport cu un ax vecin axului optic. Toate secţiunile acestui organ în mijlocul planurilor trecînd prin acest ax sînt deci identice. Dar există ochi în care suprafeţele diverşilor dioptrii oculari nu mai sînt porţiuni de sferă. Raza de curbură a acestor suprafeţe variază atunci după planul de secţiune. Ne mai fiind suprafeţe de revoluţie dioptrii ochiului nu mai au aceiaşi refracţie în toate meridianele, obţinîndu-se astfel astigmatismul. Cauza cea mai comună a astigmatismului ocular este forma particulară pe care o poate lua corneea, dar pot interveni şi alte elemente care îl influenţează neutralizîndu-l în parte, sau se adaugă la astigmatismul corneean.

Astigmatismul de cornee se poate observa astfel: aşezăm la o distanţă mică de ochiul celui examinat, o foaie de hîrtie albă pe care sînt trasate în negru cercuri concentrice. In mijloc, foaia prezintă un mic orificiu prin care privim. Pe cornee va apare imaginea cercurilor (discul lui Placido). Dacă corneea este sferică şi aceste cercuri proiectate vor fi tot sferice. Dacă individul are un astigmatism pronunţat, imaginea este deformată mai mult sau mai puţin după gradul astigmatismului.



Determinarea astigmatismului se face cu ajutorul cadranului astigmatic (oral). Pacientul cu astigmatism plasat înaintea cadranului format din raze radiare numerotate ca un orologiu, este incapabil de a vedea toate liniile cu o egală netitate. Linia care este văzută cel mai distinct şi aceea care este văzută cel mai puţin distinct indică axele celor două meridiane principale: primul corespunzînd meridia-



nului ametrop, ultimul meridianului emetrop (în astigmatismul simplu). Presupunem un exemplu de astigmatism simplu: pacientul vede liniile XII şi VI cel mai distinct şi acela în unghi drept IX şi III cel mai puţin distinct. Meridianul ametrop este atunci vertical. Dacă plasăm înaintea ochiului o lentilă convexă slabă şi găsim că aceasta face liniile XII şi VI nedistincte, vom şti că meridianul orizontal este emetrop. Căutăm apoi lentila sferică care clarifică liniile IX şi III. Această lentilă este măsura anomaliei refractive a meridianului vertical (ametrop).

Corijarea ametropiilor.

Se face cu ajutorul lentilelor care sînt medii care interpuse ochiului între limitele de distanţe determinate (nu în afară de cîţiva cm.) corectează defectele de refracţie oculară la indivizii ametropi sau permit de a suplea acomodarea insuficientă (presibiţie). Dacă lentilele sînt depărtate mult de ochi, acţiunea lor optică se transformă totalmente, ca în cazul aşa numitelor lentile măritoare.

Lentilele de ochelari se pot divide după diferite moduri:

- După forma suprafeţei lor (plane, prizmatice, sferice).
- După capacitatea lor de refracţie: lentile neutre (cu feţe paralele, lentile prizmatice care deviază fasciculul incident fără a-i modifica constituţia), lentile convergente sau pozitive şi lentile divergente sau negative.
- După forma geometrică a suprafeţei lor (lentile cu planuri infinite de simetrie: suprafaţa plană şi sferică şi lentile cu două planuri de simetrie: cilindrice şi torice).
- După influenţa pe care pot să o exercite asupra calităţii cromative a diferitelor radiaţii cele pot fi sticle ce modifică calităţile colorate (fumurii, cobalt, etc.), sticle absorbante a razelor ultraviolete, infraroşii şi ultra scurte.

Sticlele colorate se divid în două mari grupe:

a. sticle care moderează intensitatea razelor de lumină ce pătrund în ochi fără a modifica sensibil calitatea radiaţiilor;

b. sticle care modifică calitatea luminii reducînd în consecinţă intensitatea luminii filtrate.

Ochelarii coloraţi sînt adaptaţi în general pen-

tru a modera lumina ce pătrunde în ochi.

Intre sticlele colorate se deosebesc 4 tipuri mai importante:

- sticlele fumurii care slăbesc intensitatea tuturor culorilor spectrului însă se pare că lasă să treacă razele infra-roşii;
- sticlele de cobalt intereeptează razele galbene şi verzi, lăsînd să treacă multe raze roşii şi violete;
- sticlele galbene absorb razele cele mai reci ale spectrului, dar dau ochiului impresia unei mari luminozităţi a obiectelor;
- sticle verzi-cenuşii acţionează mai ales în sensul de a nu lăsa să treacă razele reci ale spectrului şi atenuiază intensitatea luminii.

Lentilele de ochelari sînt menţinute înaintea ochilor de susţinători speciali (monturi de ochelari) care pot fi construiţi în metal, celuloid,etc. ce sînt destinaţi de a menţine fixate lentilele înaintea ochilor. Vor avea forme şi mărimi variate după indivizii la care trebuie să se adapteze.

Sticle de contact. O categorie aparte în grupul lentilelor de ochelari îl constituie utilizarea sticlelor de contact.

Ideea de a aplica înaintea globului ocular un strat de lichid care să anuleze acţiunea optică a corneei şi care să fie menţinut de o scoică transparentă a fost expusă pentru prima oară în 1888 aproape simultan de Kalb şi de Fick şi Müller. Modulată în sticlă sau în rezină sintetică, sticla de cîntact se plasează între pleoape şi ochi şi cuprinde două părţi:

- o parte centrală bambată cu o rază de curbură mică, destinată de a acoperi corneea;
- o parte periferică cu o rază de curbură mai mare (porţiunea scleralâ a sticlei).

Cu porţiunea periferică se aplică strîns pe sclerotică de care este apoi menţinută de presiunea atmosferică sau printr-un fenomen de capilaritate, partea centrală bombată neatingînd corneea. Intre sticlă şi cornee în partea centrală se acumulează un strat foarte subţire de lichid, de lacrimi, a cărui indice de refracţie este acelaşi ca al corneei. Puterea optică a corneei este suprimată şi înlocuită prin lama de lichid care menţine sticla de contact.

Toleranţa sticlelor de contact depinde de existenţa între sticlă şi ochi a unei lame foarte subţiri de lichid, menţinînd sticla pe loc prin capilarire de lichid,

tate dar lăsînd globului ocular deplină libertate de mişcări.

Pentru a o monta, pacientul va pleca puternic privirea în jos, se ridică apoi pleoapa superioară şi după instalaţia unei picături de cocaină se va angaja marginea superioară a sticlei, apoi coborînd pleoapa inferioară se va angaja marginea inferioară a lentilei. Dacă există o bulă de aer, lentila se aburește; dacă ea nu este tolerată, trebuie imediat ridicată.

Proprietăţile optice ale lentilelor de ochelari

Pentru lentilele divergente subţiri dat fiind faptul că grosimea (distanţa dintre primul şi cel de al doilea dioptru) poate fi considerată neglijabilă, ele sînt expresia unor legi foarte simple, deci cele arătate la lentile se aplică exact şi aci şi deoarece primul mediu este egal cu cel de al doilea, distanţa focală anterioară este identică cu cea posterioară, adică $F' = F'' = F$.

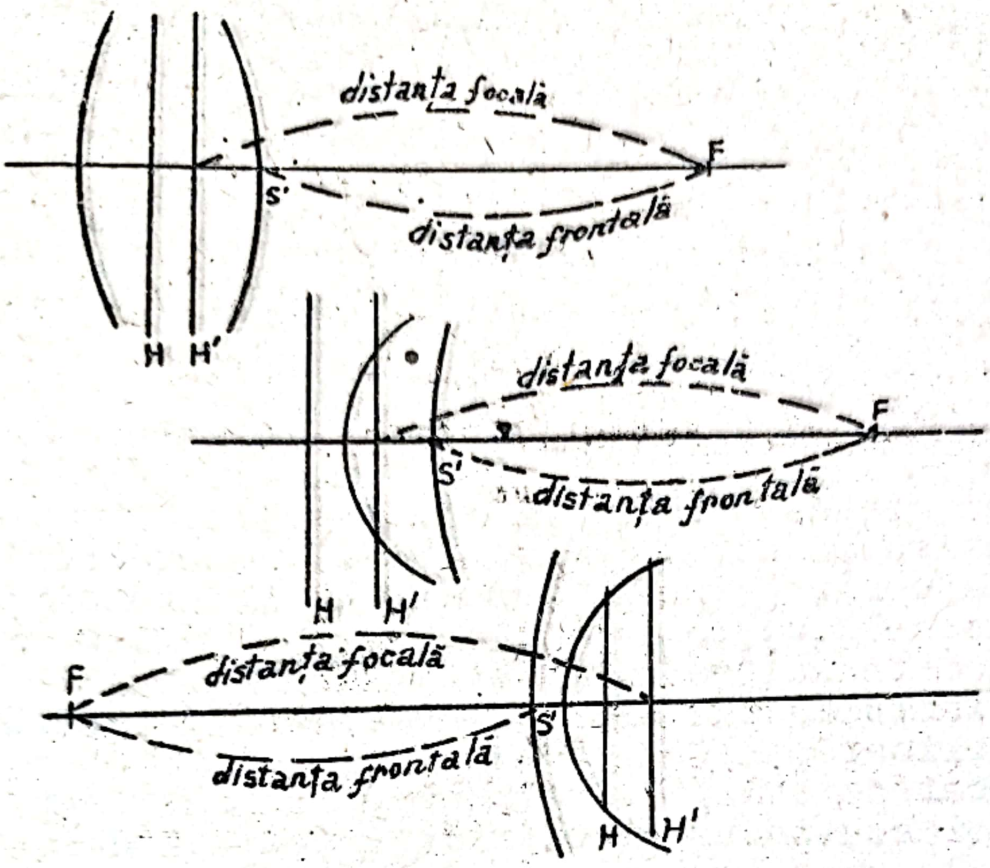
Valoarea refractivă a unei astfel de lentile este ca şi cea pentru dioptrii, exprimată de formula:

$$D = \frac{1}{F}$$

Lucrurile se complică însă cînd este vorba de lentilele groase, în special convexe (convergente). In acest caz, în loc de distanţa focală (planul principal-imagine), se calculează distanţa frontală sau potenţa frontală (V.Rohr) care indică valoarea refractivă a unei lentile măsurată în baza distanţei frontale care reprezintă distanţa dela focar la suprafaţa posterioară a lentilei (distanţa frontală-imagine); se alege deci vîrful curbat al feţei imagine a lentilei. Puterea frontală imagine este superioară puterii focale, căci planurile principale se deplasează în raport cu sticla în direcţia în care se găseşte suprafaţa celei mai puternice curburi; astfel în sticle meniscuri-convergente plasate înaintea ochiului cu faţa concavă spre cornee, planurile principale se depărtează de ochi (ele se apropie în meniscurile divergente).

Ca urmare este mai uşor de a determina cu precizie vîrful feţei imagine a sticlei decît poziţia planului principal, fapt care a făcut să se adopte această notaţie.

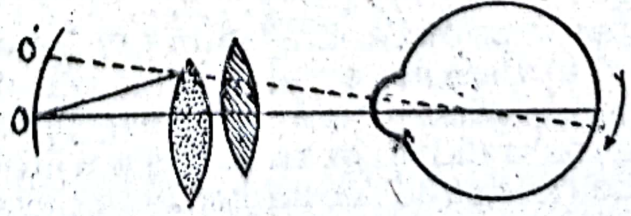
Schiţele de pe pagina următoare ne fac să înţelegem uşor deosebirile dintre distanţa focală şi cea frontală pentru astfel de lentile.



Măsurarea gradului și sensului unei lentile.

1. Lentilele pozitive au marginea mai subțire la centru și fac să vedem obiectele mărite. Mișcate înaintea ochiului imprimă obiectului observat o mișcare aparentă în sens opus (mișcare paralactică) datorită acțiunii prizmatice a lentilei descentrate (lentilele sferice convexe sînt considerate ca fiind formate din două prizme a căror baze sînt reunite și întoarse către centru).

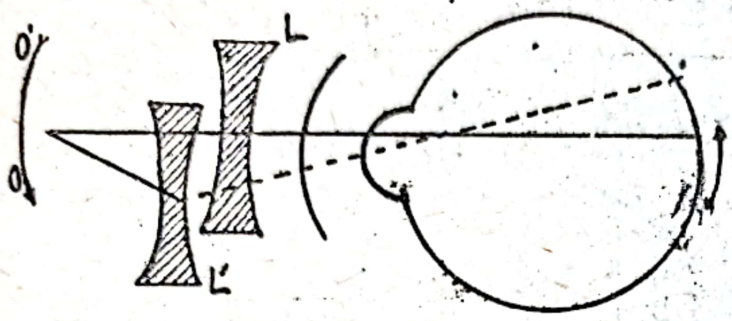
O lentilă pozitivă centrată face ca razele să cadă pe fovee; dacă ea se mișcă de exemplu în jos, razele se reunesc în jos față de fovee și deci vor fi proectate în sus. La fel se petrec lucrurile pentru toate direcțiile căci lentila descentrată acționează ca o prizmă care deviază către bază fascicolul refractat. In figura alăturată se vede mișcarea aparentă a obiectelor în mișcarea laterală a lentilei.



Toate aceste proprietăți care

caracterizează o lentilă pozitivă sînt cu atît mai evidente cu cît lentila este de un grad mai mare.

2. Lentilele negative au marginile mai groase ca centrul şi micşorează obiectele. Mişcate înaintea ochiului imprimă obiectului observat o mişcare aparentă în acelaşi sens. Se verifică astfel cazul invers al lentilelor pozitive. De ex. dacă lentila se mişcă în jos, imaginea obiectului se va forma puţin deasupra foveei şi deci va fi proectată în jos. Ca şi pentru lentilele pozitive aceste fenomene sînt cu atît mai evidente cu cît lentila este de un grad mai ridicat sau cu cît este mai departe de ochi.



3. Lentilele cilindrice. Pentru a recunoaşte lentilele cilindrice sau torice este deajuns de a mişca o astfel de lentilă înaintea ochilor. Se va produce o deformaţie caracteristică a obiectului, deformaţie care variază cu gradul de înclinare a lentilei: Obiectele pot apărea respectiv mai lungi sau mai largi. Această deformaţie poate fi întovărăşită de o mărire sau de o micşorare dacă cilindrul este combinat cu o suprafaţă sferică sau se tratează ca o lentilă torică.

Fondamentul optic al corecţiei ametropiei. Lentilele întrebuinţate ca ochelari, adică apropiate mult de ochi (cca 15 mm de vertexul cornean) modifică refracţia totală a ochiului. Este evident că sistemul asociat ochi-lentilă trebue să fie considerat centrat. Ochelarii întrebuinţaţi în anomaliile de refracţie statică (ochiul acomodat la infinit) au scopul de a raporta exact pe retină imaginea obiectului, adică de a face emetrop ochiul ametrop. Principiile pe care se bazează aplicarea ochelarilor sînt următoarele:

1) Ochelarii deviază razele paralele provenite de la infinit dîndu-le înclinaţia corespunzătoare acelora pentru care sînt adaptaţi ochii, adică fac divergente razele pentru ochiul miop sau convergente pentru ochiul hipermetrop.

2) Ochelarii corectează defectul dioptric al

ochiului sau reducînd puterea convergentă excesivă (în ochiul miop) sau mărind puterea de convergenţă deficientă (în ochiul hipermetrop).

Şi într-un caz şi în altul ochiul este adaptat să primească pe retina sa razele provenite de la infinit. Prin urmare, corecţia unei ametropii constă în a plasa înaintea ochiului o lentilă în aşa fel în cît vederea să devie a unui ochi emetrop. Ochiul corijat va vedea deci net fără acomodare obiectele situate la mare distanţă. Ochiul miop având o putere de refracţie prea mare pentru profunzimea sa va fi corectat printr-o lentilă negativă (divergentă); din contra, ochiul hipermetrop a cărui putere este prea slabă pentru profunzime, va fi corectat printr-o lentilă pozitivă (convergentă).

Mărimea ametropiei este dată de o lentilă care plasată înaintea ochiului are deci scopul de a modifica razele luminoase ce pătrund în cornee încît să formeze focarul lor pe retină. Inversul distanţei focale a lentilei corectoare dă gradul ametropiei. Ea face ochiul capabil de a vedea la infinit. Lentila corijează refracţia cînd focarul său imagine coincide cu remotum; acest focar imagine fiind anterior în miopie şi posterior în hipermetropie.

Gradul lentilei corectoare nu corespunde exact gradului de ametropie pentru că este nevoie să ţinem cont, calculînd sistemul compus ochi-lentilă, de distanţa care există între ochi şi lentilă.

Practic rezultă că lentila corectoare a miopiei trebuie să fie puţin mai puternică de cît gradul miopiei însăşi pentru că distanţa sa focală este mai mică de cît distanţa punctului remotum de centrul optic al ochiului; pentru hipermetropie lentila este puţin mai slabă. Diferenţele sînt de obicei mici dar rezultă evident şi în practica clinică.

Corecţia astigmatismului simplu se face cu lentile cilindrice. Cu aceste lentile se corectează meridianul ametrop al ochiului lăsînd nemodificat pe cel emetrop. Cilindru este aşezat în aşa fel ca axul său să fie perpendicular pe meridianul pe care-l va corecta. Ochiul astigmat astfel corectat se tranformă într-un sistem anastigmat simplu miopic pozitiv, în acela al astigmatismului hipermetropic.

Dacă ochiul prezintă un astigmatism compus,

este nevoie de o dublă corecţie. Mai înainte de toate trebuie să facem anastigmatic fasciculul refractat adică de a readuce focarul pe retină.Pentru aceasta se întrebuinţează o lentilă sferocilindrică sau torică. Cînd se tratează o formă mixtă de astigmatism,corecţia se face în baza principiului : se aduce pe retină una din cele două linii focale şi se corectează apoi astigmatismul simplu care apare. De ex.avem un astigmatism mixt care într-o secţiune a ochiului are H = 1D şi în alta M = 2D. Dacă se va pune înaintea ochiului o lentilă sferică pozitivă de 1D se va aduce linia a doua focală pe retină,deci cum lentila acţionează în mod egal în toate secţiunile ochiului,linia 1-a focală se va muta mai înainte în aşa fel că în această secţiune,ochiul este făcut miop de 3D. Se adaugă apoi la lentila sferică de + 1D,un cilindru cu - 3D cu axul perpendicular pe meridianul hipermetrop. Corecţia se poate face şi în alt mod :se aşează înaintea ochiului o lentilă sferică negativă de 2D care va aduce pe retină I-a linie focală dar va muta îndărăt a II-a linie focală mărind hipermetropia preexistentă cu alte 2D,de unde rezultă un astigmatism hipermetropic simplu de 3D.Cilindrul care se va adăuga la lentilă trebuie să fie deci de 3D cu axul perpendicular pe meridianul miop.

Metode pentru determinarea refracţiei. Pentru a cunoaşte starea de refracţie a ochiului trebuie să determinăm situaţia punctului remotum conjugat al retinei. Pentru aceasta se deosebesc două mari grupe de metode : subiective şi obiective.

În metodele subiective în care intervine judecata examinatului sînt mai multe procedee :

- Bazat pe acuitatea vizuală a ochiului emetrop şi a ochiului ametrop corectat (metoda Donders).

Această metodă se bazează pe următoarele principii şi presupune o funcţionare maximă din partea retinei :

a)Un subiect emetrop cu funcţia retiniană integră va vedea cele mai mici caractere ale optotipului la o distanţă determinată (caracterele zecimale ale optotipului zecimal la 5 m).

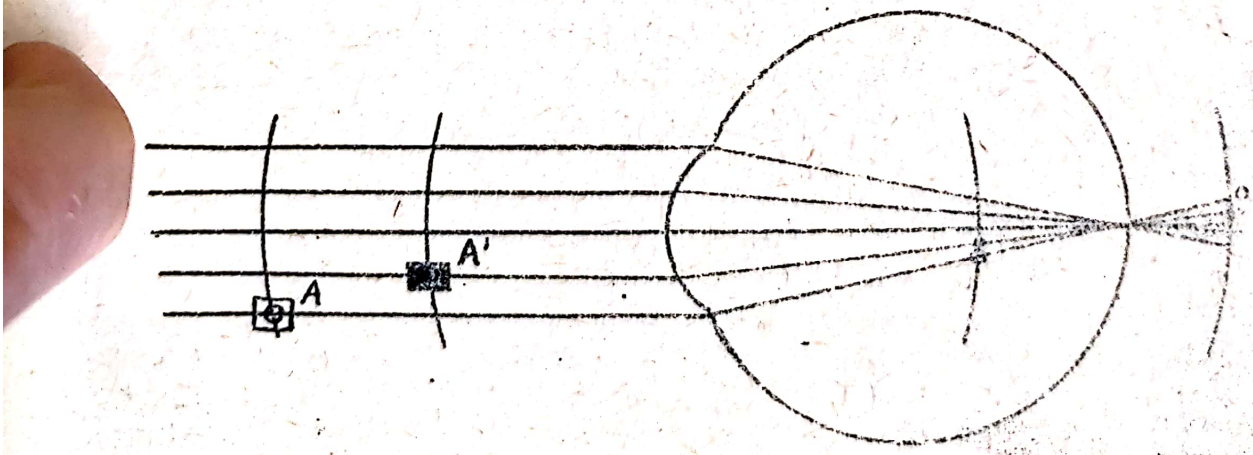
b)Un subiect miop nu va reuşi să le vadă deoarece avînd o putere de refracţie prea mare pentru profunzimea sa ,el va vedea prin cercuri de difuziune. Cu cît miopia este mai mare cu atît sînt

mai mari cercurile de difuziune şi cu atît mai redusă va fi acuitatea vizuală. Dacă se interpun ochiului lentile divergente din ce în ce mai puternice,se va găsi una cu care subiectul vede distinct. Această lentilă trimite în ochi razele sub o divergenţă egală cu divergenţa razelor ce vin din punctum remotum şi astfel se vor întîlni pe retină şi imaginea retiniană nu va mai fi formată din cercuri de difuziune pentru că focarul razelor paralele se formează exact pe retină. Practic deci lentila divergentă cea mai mică care face pe un miop să vadă distinct,indică gradul miopiei.Pentru o corecţie exactă este nevoie de a exclude intervenţia acomodaţiei care în cazul miopiei acţionează mărind gradul ei.

c) Dacă este vorba de un subiect hipermetrop la care nu intervine acomodarea (paralizie prin atropină)lentila convergentă care face să vadă caracterele cele mai mici ale optotipului perfect arate,indică gradul hipermetropiei. Dacă individul are facultatea de a acomoda,gradul hipermetropiei sale va fi dat de lentila cea mai puternică cu care subiectul vede încă caracterele cele mai mici.Aliaş un subiect care acomodează poate masca o parte din hipermetropia sa.

d) In caz de astigmatism se corectează fiecare secţiune principală cu ajutorul cadranului orar.

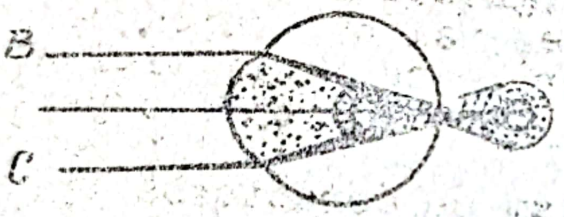
- Bazat pe diplopia monoculară; se pune înaintea ochiului un diafragm cu două găurele (optometrul lui Scheiner) foarte apropiate în aşa fel ca să cadă în cîmpul pupilar. Găurica superioară(A')



este ocupată de un disc roşu transparent,cea inferioară (A)este liberă. Un subiect emetrop la care cele două fasciculo refractate pe retină coincid, va vedea numai un punct luminos roşiatic.Un miop

vede două găurele: una inferioară colorată şi una superioară albă pentru că razele refractate se încrucişează înaintea retinei. Invers va fi în ochiul hipermetrop.

- Bazat pe aberaţia cromatică. Metoda este bazată pe aberaţia cromatică a ochiului, interpunîndu-se în faţa unui fascicol de raze luminoase o sticlă care lasă să treacă razele albastre şi roşii. Fie un ochi emetrop, adică un ochi în care un fascicol de raze paralele monocromatice să formeze focarul lor pe retină; dacă în schimb se utilizează un fascicol compus din două radiaţii cu lungimi de undă diferite, de ex. albastre şi roşii, razele roşii (mai puţin refringente) se întîlnesc îndărăt iar razele albastre înaintea retinei. Ochiul emetrop va vedea astfel un cerc de difuziune de culoare violacee (albastru + roşu), un ochi hipermetrop va vedea un disc albastru înconjurat de un inel roşu, iar un ochi miop va vedea un disc roşu înconjurat de un inel albastru. Dacă se interpun lentile respectiv negative şi pozitive de grad crescînd, în ochiul miop gradul miopiei va fi dat de lentila coa mai slabă care va face să dispară dublul cerc colorat, iar în ochiul hipermetrop lentila cea mai puternică va indica gradul de hipermetropie.



Cercetările lui Tolack au arătat că ochiul acomodează pentru lumina galbenă şi că subiectul este normal miop pentru violet sau albastru a căror focar este înaintea retinei la circa 6 D şi hipermetrop pentru roşu a cărui raze converg îndărătul retinei cu 0,5 D.

Experienta a arătat că pentru două obiecte monocromatice plasate unul lîngă altul, există un punct precis în care cele două obiecte par a fi văzute cu acelaş flu. Dacă prin adăugarea unei sticle convexe se face ochiul normal puţin miop, se aduce focarul roşu pe retină şi albastru pare flu; dacă se face hipermetrop cu o sticlă concavă, albastru devine net şi roşul flu.

Pe acest principiu este construit ericiscopul lui Peter format dintr-o cutie cubică la care una

din față poartă un test cromoptometric, jumătate roșu, jumătate albastru, luminat prin transparență. Sînt trase semne negre la suprafața sa: un cadran Parent permite de a evalua astigmatismul. Un emetrop vede albastru și roșu la 1,40 m cu un flu egal, un miop vede roșu mai net de cît albastru, hipermetropul vede albastru mai net de cît roșu și sticla care face vederea cu un flu egal este sticla corectoare.

- Bazat pe mișcarea aparentă pe care o prezintă obiectul cînd se mișcă înaintea pupilei o fantă sau o gaură stenopeică (metoda cinoscopică a lui Holtz). Metoda se bazează pe observația că dacă se mișcă o mică gaură stenopeică înaintea cîmpului pupilar, după refracția prin ochi se poate constata:

a/.- Dacă obiectul nu pare deplasat în mișcarea gaurei, ochiul este emetrop.

b/.Dacă obiectul pare că se mișcă în același sens cu mișcarea gaurei, ochiul este hipermetrop.

c/.Dacă obiectul pare că se mișcă în sens invers, ochiul este miop.

Explicația optică este foarte simplă: dacă se consideră un fascicol de raze paralele axului, în ochiul emetrop toate se reunesc pe retină, în ochiul miop înaintea retinei iar în ochiul hipermetrop înd ărătul ei. Să ne imaginăm că schimbăm gaura către o altă poziție. Este evident că la ochiul emetrop razele trec traversînd gaura și se unesc întotdeauna pe polul posterior al retinei. Dacă ochiul este hipermetrop se reunesc deasupra și atunci obiectul pare deplasat în jos. Dacă ochiul este miop vom avea cazul invers. Corijînd exact ametropia, obiectul nu se va mai mișca cînd se mișcă gaura.

- Bazat pe mișcarea aparentă a umbrei care se observă mișcînd înaintea pupilei un ac (metoda velcnoschiascopiei lui Trantas). Dacă în loc să mișcăm un diafragm înaintea ochiului se mișcă un ac opac, umbra formată pe retină se mișcă în același sens în ochiul hipermetrop, în sens invers în ochiul miop și nu se mișcă de loc în ochiul emetrop. Explicația optică este aceiași ca și în metoda precedentă.

Metodele obiective în care intervine determinarea făcută de controlul oculistului care recurge

la diferite instrumente, se bazează pe două principii :

- analizarea fiecărei constante optice şi scoaterea din aceasta a valorii refracţiei totale a ochiului;

- stabilirea directă a forţei de refracţie oculară.

In practică se recurge numai la al doilea principiu.

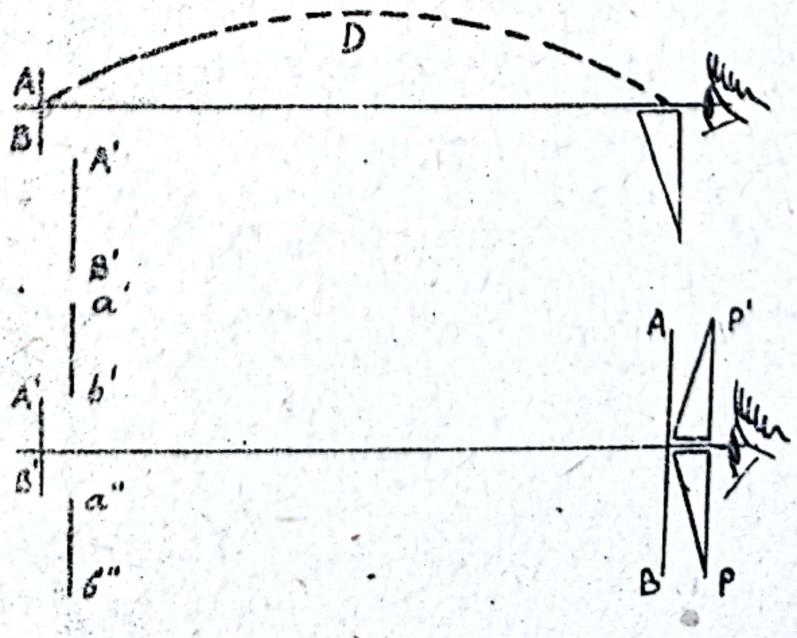
1) Oftalmometria este bazată pe un principiu simplu :punînd în centrul corneei două mire luminoase echivalente cu punctele externe ale unui obiect situate la o anumită distanţă,suprafaţa corneeană acţionează ca o oglindă convexă,reflectînd imagini mult micşorate. Deoarece mărimea imaginei este în raport cu raza de curbură a corneei,dacă rămîne constantă distanţa de obiect,este de ajuns de a cunoaşte raportul dintre mărimea imaginii şi mărimea obiectului (adică distanţa dintre mira-obiect şi imaginea ei)pentru a cunoaşte raza de curbură a corneei şi respectiv valoarea dioptrică a corneei.

La baza oftelmometrului stă formula de reflexie a oglinzilor convexe :

$$\frac{I}{O} = \frac{L}{F} = \frac{2L}{R} \quad \text{de unde } R = \frac{2OL}{I}$$

formulă în care O = mărimea obiectului;I=mărimea imaginei; F = R/2 = distanţa focală a oglinzii sferice şi L = distanţa obiectului de focar.

Cunoscînd aceste trei mărimi vom căpăta pe a patra. Se poate de asemenea cunoaşte mărimea obiectului arbitrar ales şi distanţa obiectului de focar.



Rămîne de a măsura pe I care este îndărătul corneei, adică lungimea AB. Pentru distanţa D şi o prismă dată, deplasarea lui AB în A'B' (A coinzînd cu B) este egală cu 1 cm dacă AB = 1 cm lungime. Utilizînd un sistem dedublat ca biprizma sau prizma lui Wollaston, un obiect luminos AB formează imaginea sa pe cornee în A'B' şi această imagine privită prin biprizmă este dedublată în două imagini a'b' şi a"b"; dacă ele sînt cap la cap cunoaştem mărimea L a lui A'B'.

Construcţia aparatului se bazează pe aceste principii.

Keratometrul lui Javal sau oftalmometrul se compune dintr-un obiectiv, un ocular, o prismă birefringentă şi un arc perimetric. Obiectivul se compune din două lentile depărtate una de alta pentru a lăsa loc aparatului de dedublare. In focarul principal anterior al primei lentile se găseşte corneea de măsurat; în focarul principal al celui de al doilea, un reticul format dintr-un fir de mătase. Ocularul este culisant. Observatorul pune la punct pe focarul posterior şi asigură astfel citind imaginile focarului posterior ca imaginile corneene să fie în focarul anterior. Prizma birefringentă a lui Wollaston în cuarţ este lipită după rotaţie de 90^0. Pe cilindrul metalic conţinînd lentilele şi prizma, se găseşte arcul de cerc ce are ca rază distanţa focală principală a obiectului. Planul arcului este paralel cu planul de dedublare a prizmei. Pe acest arc, două glisiere poartă două mire mobile reperate printr-o linie de credinţă. Una dintre ele poartă trepte corespunzînd fiecare la 1D; alta este un simplu dreptunghi. Diviziunea arcului este în grade, iar dedublarea este aleasă astfel ca fiecare grad să corespundă la 1D.

Oftalmometrul este un instrument care permite în acelaşi timp de a produce pe cornee imagini reflectate şi de a le măsura. Pentru a produce imaginea, se întrebuinţează două mire care se pot deplasa în lungul unui arc apropiindu-se sau îndepărtîndu-se una de alta. Pentru a determina mărimea imagine reflectate se utilizează dublarea acestei imagini, fapt care se obţine cu ajutorul unei prizme duble conţinută în luneta oftalmometrului. Cunoscînd deplasarea produsă prin prizma dublă, se pot deduce dimensiunile imaginilor

dedublate cu condiţia ca ele să se atingă. Cînd imaginele se ating, dimensiunea imaginei este egală cu deviaţia produsă de prizmă. Pentru ca imaginile dedublate să se atingă una în prelungirea celeilalte este suficient de a putea mări sau diminua dimensiunile obiectului şi ca urmare cele ale imaginei luminoase care se reflectă pe cornee.

Mai utilizat este aparatul lui Javal-Schiötz care este un aparat cu dedublare fixă. Există alte oftalmometre în care dedublarea este variabilă (oftalmometrul lui Helmholtz, a lui Landoll şi mai modern a lui Zeiss).

2) Skiascopia se bazează pe mişcările umbrei în cîmpul pupilar luminat cu ajutorul oftalmoscopului.

- Dacă observatorul se găseşte în planul de acomodaţie a subiectului, lumina pare a invada dintr-o dată toată pupila (fenomenul de aprindere bruscă). Sîntem în punctul neutru care arată că observatorul se găseşte exact în punctum remotum al ochiului observat. Chiar dispariţia luminii se face simultan pentru toate punctele pupilei (fenomenul umbrei în masă). Cînd planul de acomodaţie a subiectului se găseşte îndărătul observatorului sau cînd acest plan este virtual şi îndărătul ochiului observat, se vede că pupila este invadată progresiv de lumină, aceasta mergînd în acelaş sens cu pata luminoasă proiectată de oglindă pe faţa subiectului (sens direct) sau din contra dacă planul acomodaţiei subiectului este cuprins între acesta şi observator, lumina va merge în sens inverse plajei luminoase reflectate de oftalmoscop. Dacă admitem că observatorul se găseşte la un metru de subiect şi acesta din urmă relaxează acomodarea sa, simplul examen al felului cum apare şi dispare licăreala pupilară permite de a şti dacă subiectul este miop de 1 D (aprindere bruscă), dacă este miop de mai puţin de 1 D, emetrop sau hipermetrop (sens direct al umbrei pupilare), în fine dacă este miop mai mult de 1 D (umbra în sens invers). Deci umbrele sînt inverse cînd observatorul are înaintea lui p.remotum căci se află pe traectul razelor divergente şi umbrele sînt directe cînd p.remotum se află îndărătul lui, el fiind pe traectul razelor convergente.

Aceste lucruri sînt valabile pentru oglinda plană. Pentru oglinda concavă lucrurile se petrec invers.

Prin metoda skiascopiei se poate determina gradul ametropiei; pentru aceasta este suficient de a face să defileze înaintea ochiului examinat sticle de forță crescînd divergență dacă umbra este directă pînă ce obținem fenomenul de aprindere bruscă. În acest moment ochiul a fost făcut miop de 1 D prin sticla plasată înaintea lui. Sticla corectoare a ametropiei se obține scăzînd 1 D din lentilele care dă aprinderea bruscă.

M = x - 1 (-1) = x + 1
H = x - (+ 1) = x - 1

Dacă ochiul observat este H, E sau M cu mai puțin de 1 D și dacă prin așezarea unei lentile este făcut miop cu mai mult de 1 D, observatorul va descoperi o inversiune a mișcării umbrei. Același lucru se întîmplă dacă ochiul fiind miop de mai mult de 1 D al este făcut emetrop prin apoziția lentilei, sau adăugînd H sau scăzînd M de mai puțin de 1 D. Lentila care dă inversiunea umbrei nu coincide cu gradul efectiv al ametropiei căci considerînd că ochiul observatorului este la distanța de 1 m. și ochiul subiectului ar fi miop de un grad ridicat, lentila x care dă inversiunea umbrei va fi aceea care va reduce sistemul ochi + lentilă ca și cum ar fi miop de mai puțin de 1 D (dacă nu se adaugă E sau H).

Examenul skiascopic poate servi deasemenea și pentru a recunoaște și măsura astigmatismul cercetînd puterea dioptrică a ochiului în două direcții paralele pe meridianele principale. Orientarea acestor meridiane se obține considerînd direcția după care lumina progresează în pupilă-. Prin tatonări se determină înclinația pe care trebuie s-o dăm axului de rotație a oftalmoscopului pentru ca sensul de invadare a pupilei să fie perpendicular pe acest meridian și pentru meridianul perpendicular pe el.

În rezumat, principiul skiascopiei constă în a determina punctum remotum miopic sau făcut miopic în punctul de întoarcere a umbrelor.

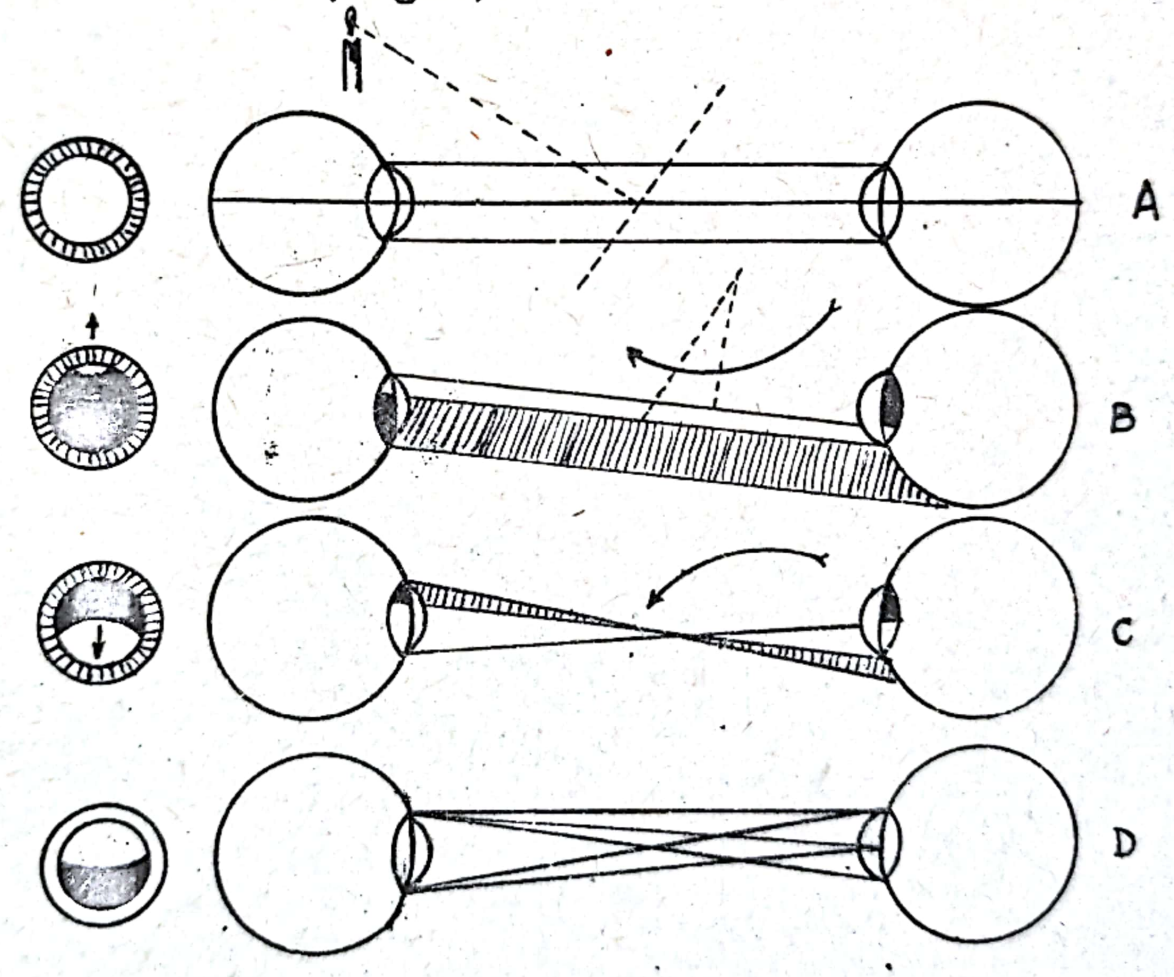
În afară de direcția mișcării ne interesează

strălucirea,forma şi rapiditatea mişcării,a luminii şi a umbrei. Viciul de refracţie este slab dacă reflexul este strălucitor,imaginea sa netă şi dacă umbra şi lumina se mişcă rapid;viciul de refracţie este considerabil dacă luminajul este slab,imaginea sa nedistinctă şi dacă mişcarea luminii şi a umbrei este lentă. Dacă umbra prezintă o imagine rectilinie,este un semn de astigmatism. Umbra arată o imagine în formă de semilună în hipermetropie,miopie sau emetropie.

In astigmatism se corectează separat fiecare din cele două meridiane principale cu cîte o lentilă diferită pentru ca umbra să fie netă. Uneori marginile umbrei se mişcă mai mult sau mai puţin oblic,oglinda se întoarce atunci ca umbra să se mişte paralel cu mişcarea ei;de asemenea umbra este mai distinctă şi se mişcă mai rapid într-un meridian decît în altul.

Fenomenul optic al skiascopiei este foarte complex pentru că trebuie să urmărim drumul razelor care provenind din ochiul subiectului,intră în ochiul observatorului sfîrşind pe retina acestuia.Pentru prescurtare se va indica cu O.s. ochiul subiectului şi cu O.o.ochiul observatorului. In imposibilitatea de a aduce o explicare complectă a interpretării optice a skiascopiei, ne limităm la explicarea parţială a fenomenului inspirată de teoria lui Leroy care studiază numai comportarea razelor incidente ce sfîrşesc pe pupila O.o. Un punct al fundului O.s.luminat cu oftalmoscopul se comportă ca un punct luminos real şi trimite raze în toate direcţiile.O mică parte din aceste raze traversează pupila şi ies din ochi formînd un fascicol care nu ocupă decît o parte foarte limitată de spaţiu.Pentru ca aceste raze să pătrundă în ochiul observat trebuie ca pupila să se găsească pe traiectoria fascicolului. Dacă pupila O.o.admite toate razele ce emerg din pupila O.s.,ochiul subiectului va apărea luminat în toată extensiunea sa (fig.A). Dacă din contra nu admite decît o parte din aceste raze,pupila ochiului subiectului nu va apărea luminoasă decît în zona traversată de aceste raze şi restul va apărea complect obscur (fig.B) şi astfel se produce fenomenul umbrei pupilare.

Dacă se consideră O.s.miop de 1D,O.o.stînd exact la 1 m.distanţă de O.s.se determină fenomenul punctului neutru (remotumul observatului coincide cu focarul anterior al ochiului observatorului,ochiul observator neprimind decît raze paralele) (fig.D). In aceste condiţiuni într-adevăr vîrful fascicolului emergent din O.s.va cădea pe planul pupilar al lui O.o. In consecinţă toate razele fascicolului pătrund în O.o.;iluminarea pupilei O.s. încetează brusc atunci cînd printr-o inclinare bruscă şi excesivă a oglinzii oftalmoscopului şi respectiv a fascicolului emergent din O.s.punctul constituind vertexul fascicolului este în afara cîmpului pupilar al O.o.(fig.D).



Mecanismul optic (parţial)al skiascopiei în ochiul emetrop A,B şi în ochiul miop C.- In D condiţia punctului neutru :focarul anterior al ochiului observat coincide cu pupila ochiului observatorului.Condiţiile care se verifică sînt analoage celui a ochiului emetrop.

Fie O.o. emetrop şi fascicolul emergent format din raze paralele. Dacă acest fascicol iese înclinat va întîlni numai o parte a pupilei O.o. (fig.D). Acesta din urmă va primi deci numai o parte a fascicolului luminos şi va vedea luminoasă pupila observată numai pentru extensiunea corespunzînd acestei părţi a fascicolului observat. Cu cît fascicolul iese mai înclinat cu atît va apărea mai mică partea luminată a pupilei O.s. şi respectiv cu atît mai mare partea întunecată. Umbra pe pupila observată se va mişca în sens invers mişcării fascicolului de lumină incidentă, deci în acelaş sens cu mişcarea punctului luminos pe fundul ochiului şi respectiv în acelaş sens cu mişcările unei oglinzi plane. Va fi invers dacă oglinda este concavă. Acelaş fapt se verifică dacă O.s este E.H sau M mai puţin de 1 D. Dacă ochiul pacientului este M mai mult de 1 D, razele fascicolului emorgent întîlnesc pupila după ce s-au încrucişat. (fig.C). In acest caz p.remotum al observatului este înaintea ochiului observatorului. Dacă de ex. fascicolul se mişcă în jos, pe pupila O.o cad numai razele luminoase care provin din partea inferioară a pupilei O.s. şi umbra care va rezulta se mişcă în sens invers dacă se întrebuinţează oglinda plană, se mişcă în acelaşi sens dacă se utilizează o oglindă concavă. Dacă se pune înaintea O.s.o lentilă care reduce miopia cu 1 D, umbra se va întoarce în sensul mişcării sale.

Forma licăririi pupilare depinde de dimensiunile relative ale observatorului şi observatului. Ea este concavă cînd pupila observatorului este mai mică ca pupila observatului, convexă în caz contrar.

3) Oftalmoscopul cu refracţie. Pentru a vedea net detaliile fundului de ochi cu imaginea dreaptă trebuie ca pe de o parte vederea observatorului să fi fost corijată, iar pe de altă parte trebuie să trecem îndărătul găurii oftalmoscopului cu lentile ce corijează refracţia subiectului, ambii avînd acomodaţia relaxată.

In această metodă determinarea refracţiei se bazează în măsurarea hipermetropiei cu sticla cea mai puternică care permite o vedere netă a fundului de ochi observat, iar în miopie pe lentila concavă cea mai slabă. Se poate studia succesiv refracţia în două meridiane.

Pentru a evita erorile trebuie ca pe lîngă relaxarea acomodării, sticla corectoare să fie plasată în focarul anterior al ochiului examinat.

4) Refractometria se bazează pe principiul că în examenul oftalmoscopic imaginea retinei se face între lentila ţinută de observator şi acesta; dacă observatorul este miop, imaginea care apare este mai mică şi se formează mai aproape de lentilă; dacă este hipermetrop ea este mai mare şi mai aproape de observator.

5) Cilindroscopia. Ori de cîte ori plasăm pe o montură de încercare un cilindru în poziţie falşe se va realiza cu astigmatismul de bază a ochiului un efect de cilindri încrucişaţi. Cînd cilindrii a căror ax se încrucişează făcînd un unghi ascuţit, ei vor fi de acelaşi semn dacă:

- au aceiaşi putere, cînd va rezulta o combinaţie sfero-cilindrică echivalentă cu axe octogonale şi axul cilindrului rezultat va bisecta unghiul format prin încrucişarea axelor celor doi cilindri primitivi;

- au o putere inegală, în care caz noul ax al cilindrului rezultant va fi situat între axele celor doi cilindri primitivi dar mai aproape de axul cilindrului mai puternic ;

- se încrucişează în unghi ascuţit axele a doi cilindri de semn contrar, cînd noua combinaţie sfero-cilindrică rezultantă va avea axul său pozitiv în afara unghiului ascuţit şi în direcţia axului primar a cilindrului negativ, poziţia acestui ax depinzînd de puterea relativă a celor doi cilindri primitivi.

Poziţia umbrelor pupilare observate în cursul schiascopiei cu cilindri şi a testului de rotaţie va depinde esenţial de poziţia axului rezultant din combinaţia cilindrului corector cu astigmatismul de bază a ochiului.

Cînd ochiul examinat nu este atins de cît de o anomalie sferică fără astigmatism, umbra pupilară se mişcă întotdeauna paralel cu mişcarea oglinzii ori care ar fi axul după care se deplasează aceasta şi ori care ar fi natura mişcării observate în pupilă (mişcare de acelaşi sens sau de un sens contrar mişcării oglinzii). Din contra, o mişcare nepara-

lelă ci oblică a umbrei în raport cu oglinda înseamnă :

- că există un astigmatism;
- că oglinda nu se deplasează urmînd unul din meridianele principale ale acestui astigmatism (a nu se confunda mişcările oblice şi astigmatismul oblic).

Orice mişcare oblică poate fi transformată într-o mişcare paralelă schimbînd direcţia de deplasare a oglinzii. Cînd aceasta s-a realizat, a fost găsit unul din meridianele principale ale astigmatismului. O mişcare oblică singură aduce proba existenţei unui astigmatism.

Pentru a vedea dacă eroarea de refracţie este pur sferică, se plasează pe luneta de încercare un cilindru în oricare ax. Se explorează cu oglinda meridianele principale ale sistemului astigmic astfel creat. Dacă mişcările umbrei se fac paralel cu axul cilindrului nu există nici un astigmatism de bază subjacent. Dacă umbra nu se deplasează după meridianele cilindrului ci oblic, cilindrul a realizat cu astigmatismul subjacent al ochiului efectul de cilindru încrucişat şi cînd nu se cunoaşte astigmatismul de bază.

Astfel ca şi în schiascopia sferică se începe întotdeauna prin a neutraliza cu ajutorul unei lentile sferice un prim meridian pentru a transforma orice astigmatism compus sau mixt în astigmatism simplu. Se caută apoi prin mişcările oglinzii ce ax ocupă umbra a cărei mişcare nu a fost încă neutralizată. Pentru un ax determinat, mişcările umbrei încetează de a fi oblice şi devin paralele cu acelea ale oglinzii. Axul astigmatismului este astfel descoperit. Pentru a neutraliza al doilea meridian nu se întrebuinţează sticla sferică căci sferica perturbă axele de deplasare ale umbrei. Întrebuinţarea de cilindri dă toată precizia metodei. Puterea sticlei după care se va începe schiascopia cu cilindri depinde :

- de rapiditatea mişcării umbrai pupilare (cu cît se apropie de neutralizare cu atît mişcarea este mai rapidă);
- de caracterele umbrei însăşi. Dacă ea îmbracă aspectul unei bande cu limite nete, astigmatismul este egal sau superior de 2D.

Trebuie să începem cu cilindru uşor mai puţin puternic ca cilindrul corector pentru a observa

mai bine modificările umbrei pupilare produse. In examinarea noastră trebuie să determinăm axul astigmatismului şi puterea cilindrului corector (aci va fi rolul testului de rotaţie).

6) Cilindrul încrucişat al lui Jackson permite de a determina subiectiv prin răspunsurile subiectului interogat, combinaţia sfero-cilindrică care corijează cel mai bine ametropia sa. El poate verifica de asemeni puterea cilindrului ce intră în combinaţia sfero-cilindrică şi de a preciza orientarea exactă a meridianelor principale de astigmatism.

Acesta este o lentilă compusă din două sticle cilindrice de acelaşi valoare şi de semn contrar şi a căror axe sînt perpendiculare. Un mîner plasat în bisectoare celor două axe face manipularea mai uşoară. El are ca efect de a mări puterea de refracţie într-un ax şi de a o diminua cu aceiaşi valoare în axul perpendicular atît de bine că în caz de sistem astigmic din care unul din focare este înaintea retinei şi altul îndărăt, el alungeşte, scurtează sau chiar anulează intervalul lui Sturm al sistemului, însă fără a-i deplasa centrul.

Practic, după ce s-a determinat prin schiascopie şi oftalmometrie o corecţie obiectivă considerată ca corecţia de bază, se adaugă cilindrul încrucişat făcînd să coincidă unul din axe cu axul cilindrului deja găsit. Bolnavul priveşte pe optotip dînd acuitatea vizuală maximă. El face determinarea cu oarecare netitate. Făcînd să pivoteze între police şi indice mînerul cilindrului încrucişat se aduce în coincidenţă alt ax al acestuia cu meridianul cilindrului primitiv al corecţiei de bază şi bolnavul interogat, declară dacă vede mai bine sau mai puţin bine în această poziţie decît în prima.

Cilindrul lui Jackson permite de asemeni de a preciza axul meridianelor principale ale unui sistem astigmatic. Mînerul aparatului este ţinut atunci în prelungirea axului cilindrului sticlei corectoare de bază. Se face apoi să pivoteze cilindrul în jurul axului de rotaţie constituit de mîner şi bolnavul alege între cele două poziţii aceea care dă vederea mai clară. Axul sticlei corectoare de bază este întors atunci către axul cilindrului lui Jackson de semn corespondent sau în sens opus

dacă axele sînt de semne opuse. Se întoarce cu 5 - 10° înainte de a reîncepe textul şi aceasta pînă ce observatorul nu va mai putea să aprecieze diferenţa între cele două poziţii.

Cînd vrem să controlăm puterea sticlei sferice corectoare a ametropiei sau a prezbiopiei, se plasează înaintea subiectului un optotip purtînd cruci sau litere cu linii verticale şi orizontale (T-L-E) şi înaintea corecţiei de bază sferică se interpune cilindrul încrucişat cu axele la 0° şi 90°. Dacă corecţia sferică este corectă, ramurile crucii vor fi văzute cu un flu egal. Dacă una din linii este văzută mai neagră (de ex. verticala) asta înseamnă că imaginea sa este mai aproape de retină decît imaginea verticalei. Dacă linia cu axul cilindrului concav al lui Jackson este mai închisă, trebuie să adăugăm puterea sticlei sferice concavei. Dacă linia paralelă cu axul cilindrului convex este mai neagră, trebuie să mai adăugăm putere la sticla sferică convexă.

Metode optice de examinare a globilor oculari.

1)Luminajul oblic sau lateral constă în a face să cadă cu o puternică incidenţă pe partea de examinat, un fascicol luminos convergent dat de o lentilă biconvexă (12-15 D). Observarea se face fie cu ochiul liber, fie cu lupa mono sau binoculară.

Valoarea luminajului lateral depinde de:

- condensarea razelor luminoase prin lentilă şi focalizarea pe glob;
- obscuritatea regiunilor vecine;
- oblicitatea razelor incidente.

Luminajul oblic constituie un mijloc excelent de explorare a corneei, a camerei anterioare, a irisului şi a cristalinului. Sursa luminoasă trebuie plasată la 50 cm lateral şi puţin înaintea ochiului de examinat însă la acelaş nivel cu el.

Opacităţile corneei, umoarei apoase sau a cristalinului văzute cu ajutorul luminajului oblic apar ca pete cenuşii şi albicioase pe fondul negru al pupilei.

2) Biomicroscopia sau studiul microscopic al ochiului viu este o metodă de examen din cele mai importante. Pentru a face o astfel de examinare este nevoie de o utilizare simultamă a lampei cu

fantă şi a unui microscop. De aceea biomicroscopul cuprinde trei părţi :

- un microscop redresor ;
- un aparat de luminaj (lampa cu fantă);
- accesorii destinate a uşura examenul.

Microscopul este unul redresor obişnuit.

Lampa cu fantă este folosită deoarece pentru a examina un ochi la microscop este indispensabilă pe de o parte o sursă luminoasă puternică,iar pe de altă parte pentru a evita o luminare excesivă trebuie să putem limita după voinţă suprafaţa luminată graţie unui diafragm dreptunghiular care poate fi redus la dimensiunile unei fante.

Lampa cu fantă se compune în principiu din 4 părţi : o sursă luminoasă (constituită dintr-un bec de voltaj redus cu un filament în spirală şi plasat vertical),un condensator,o diafragmă şi o lentilă de luminaj.

Accesorile sînt destinate pentru a uşura examenul imobilizînd capul celui examinat şi permiţînd deplasarea microscopului şi a lampei cu ajutorul unui cărucior.

Proiectînd prin pupila dilatată un fascicol strîmt de raze ieşite din lampa cu fantă se constată că în traiectul său tisular fascicolul devine net vizibil; părţile lovite direct de el capătă o culoare lăptoasă aproape uniformă şi au o formă geometrică; nu mai porţiunea traversînd camera anterioară nu este perceptibilă. Acest fenomen se explică prin aceea că în camera anterioară este umoarea apoasă care nu este decît o soluţie salină deci optic vidă pe cînd în rest sînt soluţii coloidale în care se produce fenomenul Tindall.

Tesuturile atinse direct de fascicol se luminează printr-o lumină difuză, însă în unele locuri se percep benzi mai strălucitoare perpendiculare pe direcţia razelor. O bandă se formează ori de cîte ori în mediile traversate există o schimbare bruscă a indecelui de refracţie. Se spune că există între două medii de indici diferiţi o zonă de discontinuitate optică; fiecare zonă de discontinuitate se traduce biomicroscopic printr-o bandă strălucitoare numită bandă de discontinuitate. Aceste benzi indică variaţiile optice chiar minime în părţile constituente ale ochiului. Astfel un

cristalin adult prezintă un număr mare de benzi care arată existenţa a tot atîtea straturi diferite.Lărgimea benzilor variază cu acea a fantelor iar strălucirea lor cu variaţia de indice.

Cînd un fascicol luminos întîlneşte o zonă de discontinuitate o parte din raze se refractă, o parte este difuzată şi o altă parte se reflectă. Dar cum luciul suprafeţei reflectante oculare nu este niciodată optic perfect,fenomenul de reflexie se complică;această suprafaţă prezintă neregularităţi microscopice care acţionează ca atîtea mici oglinzi ce vor fi suficiente pentru a modifica puţin traiectul unei părţi minime a fascicolului reflectat. Există deci două fascicole reflectate : unul regulat,altul neregulat. Ca urmare a dimensiunilor lor extrem de slabe,neregularităţile nu pot imprima razelor decît deviaţii abia sensibile.Rezultă astfel că cele două fascicole reflectate vor fi în contact unul cu altul. Ochiul situat exact pe traiectul fascicolului regulat nu va percepe nici un detaliu al suprafeţei reflectante şi va fi orbit pentru că va vedea imaginea fantei,însă deplasînd insensibil axul său vizual al va primi razele fascicolului neregulat. Din cauza sclipirii care se observă pe traiectul fascicolului neregulat,această porţiune de suprafaţă a fost numită zonă oglinditoare. Fenomenul permite de a decela aspecte ale suprafeţelor reflectante oculare care nu pot fi percepute altfel.

Fascicolul luminos poate suferi următoarele modificări în ce priveşte modul de luminare :

a) Focalizarea. In majoritatea cazurilor lentila de proiecţie se apropie de ochi în aşa fel încît focarul conjuget al fantei să se formeze pe partea de examinat. La o focalizare proastă apar striuri clare şi sumbre ale filamentului becului.

b) Lărgimea fascicolului. Pentru a delimita o leziune sau pentru a face să apară net benzile de discontinuitate este necesar de a întrebuinţa un fascicol subţire.

c) Incidenţa fascicolului. Reprezintă unghiul pe care-l formează cu normala la punctul de penetraţie. In majoritatea cazurilor se ia o incidenţă de cca.45°. Pentru examenul vitrosului este preferabil de a spropia lampa de microscop,în timp ce pentru parenchimul corneean este recomandabil de a

avea raze foarte oblice care separă mai bine cele două feţe ale corneei. Pentru examenul zonelor oglinditoare penetrarea fascicolului în obiectiv este indispensabilă. In acest caz observatorul trebuie să facă abstracţie de partea orbitoare a fascicolului reflectat regulat şi să caute în apropiere o zonă strîmtă mai puţin strălucitoare de coloraţie puţin gălbuie care este suprafaţa în care se face reflexia neregulată.

Luminajul la rîndul lui poate fi :

a) Direct cînd se formează focarul fascicolului exact în locul de observat. Cînd focalizarea are loc în cornee se obţine o secţiune luminoasă paralelipipedică, feţele anterioare şi posterioare a acestei figuri nefiind altceva decît benzile de discontinuitate produse de cele două suprafeţe corneene iar feţele laterale corespund secţiunei optice a feţei care în raport cu fasxicolul este întoarsă către observator.

Biomicroscopia permite de a localiza în profunzime. Pentru aceasta se strîmtează fanta la maximum şi se face o focalizare excelentă. Cele două benzi ale paralelipipedului se reduc la o creastă care adusă în contact cu corpul străin, permit să se aprecieze uşor profunzimea sa prin distanţa care-l separă de cele două creste.

b) Indirect. In acest procedeu razele nu sînt concentrate pe partea de examinat a globului ci pe o altă parte judicios aleasă. Se disting două moduri de a realiza un luminaj indirect:

1. Se poate face imaginea fantei alături de locul de examinat şi aproape pe acelaşi plan. Graţie unui fenomen de difuziune toată zona este suficient luminată (luminaj parafocal).

2. Se poate concentra lumina pe un plan mai profund care face oficiul de reflector şi trimite razele în sens invers (luminaj retrograd) cînd ţesuturile sînt văzute prin transparenţă.

Luminajul indirect trebuie întrebuinţat mai ales pentru a pune în evidenţă alteraţiuni foarte fine.

c) Prin reflexie. Se bazează pe examenul unei zone oglinditoare. Se plasează diametrul orizontal al corneei, braţul lămpii şi axul obiectivului pe acelaşi plan. Se recomandă subiectului să privească în sens opus fascicolului şi se focalizează la diametrul orizontal al corneei. Se aduce apoi prin fu-

conări axul obiectivului pe traiectul razelor reflectate modificînd cîte puţin incidenţa fasciculului, înălţimea şi direcţia obiectivului. Ochiul, lampa şi microscopul sînt bine plasate cînd se vede în ocular imaginea orbitoare a fantei şi alături de ea zona oglinditoare.

d) Prin dublă reflexie. Se întrebuinţează numai pentru cornee. Examenul constă în a face să se formeze focarul fascicolului într-un punct al limbului corneean; toată cornea se luminează atunci slab şi apare un inel luminos în regiunea limbului. Maximum de luminozitate nu se găseşte la punctul de penetraţie a fascicolului ci la partea diametral opusă, fenomen paradoxal datorit dublei reflexii a luminii între cele două feţe ale corneei.

3) Oftalmoscopia. Este un mijloc ce permite explorarea stării de transparenţă a mediilor dioptrice a ochiului, examenul membranelor interne şi determinarea obiectivă a gradului de refracţie.

Interiorul ochiului primeşte lumina din mediul înconjurător. Insă deoarece lumina care ajunge pe fundul ochiului este prea insuficientă faţă de lumina mediului ambiant, pupila apare neagră, căci razele de lumină intrate în ochi sînt refractate de cristalin şi cornee şi nu pot ajunge în ochiul observatorului.

Pentru a face vizibil fundul ochiului trebuie:

- de a-l lumina puternic;
- de a-l pune în astfel de condiţii, ca razele luminoase emise de retina subiectului să convearge pe retina observatorului după refracţia prin mediile refringente a celor doi ochi.

Un fascicol de lumină ce pătrunde în interiorul ochiului este reflectat în aceeaşi direcţie în care a intrat traversînd pupila (principiul focarelor conjugate). Cînd un sistem optic dă o imagine a unui punct, razele luminoase ce emană dintr-un punct ce coincide cu această imagine, după ce au traversat acelaşi sistem optic, vin să formeze o imagine la locul punctului obiect primitiv. Retina luminată va avea deci imaginea sa la locul unde trebuie să se găsească un obiect pentru a putea fi văzut net de ochi (p. remotum dacă ochiul nu acomodează).

Pentru ca un observator să privească un fund de ochi, ochiul său trebuie să se găsească între

conări axul obiectivului pe traiectul razelor reflectate modificînd cîte puţin incidenţa fasciculului, înălţimea şi direcţia obiectivului. Ochiul, lampa şi microscopul sînt bine plasate cînd se vede în ocular imaginea orbitoare a fantei şi alături de ea zona oglinditoare.

d) Prin dublă reflexie. Se întrebuinţează numai pentru cornee. Examenul constă în a face să se formeze focarul fascicolului într-un punct al limbului corneean; toată cornea se luminează atunci slab şi apare un inel luminos în regiunea limbului. Maximum de luminozitate nu se găseşte la punctul de penetraţie a fascicolului ci la partea diametral opusă, fenomen paradoxal datorit dublei reflexii a luminii între cele două feţe ale corneei.

3) Oftalmoscopia. Este un mijloc ce permite explorarea stării de transparenţă a mediilor dioptrice a ochiului, examenul membranelor interne şi determinarea obiectivă a gradului de refracţie.

Interiorul ochiului primeşte lumina din mediul înconjurător. Insă deoarece lumina care ajunge pe fundul ochiului este prea insuficientă faţă de lumina mediului ambiant, pupila apare neagră, căci razele de lumină intrate în ochi sînt refractate de cristalin şi cornee şi nu pot ajunge în ochiul observatorului.

Pentru a face vizibil fundul ochiului trebuie:

- de a-l lumina puternic;
- de a-l pune în astfel de condiţii, ca razele luminoase emise de retina subiectului să conveargă pe retina observatorului după refracţia prin mediile refringente a celor doi ochi.

Un fascicol de lumină ce pătrunde în interiorul ochiului este reflectat în aceeaşi direcţie în care a intrat traversînd pupila (principiul focarelor conjugate). Cînd un sistem optic dă o imagine a unui punct, razele luminoase ce emană dintr-un punct ce coincide cu această imagine, după ce au trecut acelaşi sistem optic, vin să formeze o imagine la locul punctului obiect primitiv. Retina lumînată va avea deci imaginea sa la locul unde trebuie să se găsească un obiect pentru a putea fi văzut net de ochi (p. remotum dacă ochiul nu acomodează).

Pentru ca un observator să privească un fund de ochi, ochiul său trebuie să se găsească între

sursa luminoasă şi ochiul subiectului ceea ce nu este posibil căci va intercepte fascicolul de raza luminoase proiectat pe ochiul subiectului.Pe de altă parte dacă sursa luminoasă este interpusă între ochiul observatorului şi acela al subiectului,razele de întoarcere nu mai pot pătrunde în ochiul observatorului.

Aceste neajunsuri sînt înlăturate de oftalmoscop (Helmholtz 1851).

Oftalmoscoapele în general cuprind :

- un sistem de luminaj care se întinde dela sursa luminoasă la ochiul subiectului;
- un sistem de observaţie ce merge dela ochiul subiectului la ochiul observatorului.

Există mai multe tipuri de oftalmoscoape :

a) Oftalmoscopul simplu este format dintr-o oglindă uşor concavă sau plană perforată de o gaură centrală. Funcţionarea lui este asemănătoare celei a oglinzii frontale.

b) Oftalmoscopia directă sau cu imagine dreaptă. Se execută fără interpoziţia vreunei lentile colectoare şi constă în a examina imaginea retiniană care se formează la infinit. Se face cu ajutorul oftalmoscopului cu oglinda concavă sau plană,metodă care necesită corecţia refracţiei ochiului observat. Pentru aceasta se găsesc o serie de lentile care pot trece îndărătul orificiului oglinzii (oftalmoscoape cu refracţie). Sursa de lumină preferabil este un bec electric de voltaj mic. Observatorul se consideră emetrop sau priveşte cu corecţie. Retina observatului iluminată de razele care trec prin pupilă se comportă ca un veritabil obiect luminos a cărui raze ies din ochi refractate de propriii săi dioptrii. Imaginea fundului de ochi va fi întoarsă.Observatorul o va proiecta la infinit ca imagine virtuală *în prelungirea razelor paralele*. Raportîndu-se razele paralele la distanţa obişnuită de citit,observatorul o va proiecta întoarsă din nou adică dreaptă, în spaţiu îndărătul capului subiectului şi mărită de cîţiu îndărătul capului subiectului şi mărită de circa 15 ori. Mărimea aparentă a imaginei se datoreşte distanţei la care este proiectată imaginea virtuală. Mărimea convenţională a unei lupe corespunzînd la 1/4 din puterea sa, cum puterea de refracţie a ochiului este de 60,vom avea 60/4 = 15.Este evident că observatorul emetrop nu poate primi o imagine netă adică în focar,dacă razele ieşite din ochiul subiectului nu sînt paralele. Astfel vrînd

sursa luminoasă şi ochiul subiectului ceea ce nu este posibil căci va intercepta fasciculul de raza luminoase proiectat pe ochiul subiectului.Pe de altă parte dacă sursa luminoasă este interpusă între ochiul observatorului şi acela al subiectului,razele de întoarcere nu mai pot pătrunde în ochiul observatorului.

Aceste neajunsuri sînt înlăturate de oftalmoscop (Helmholtz 1851).

Oftalmoscoapele în general cuprind :

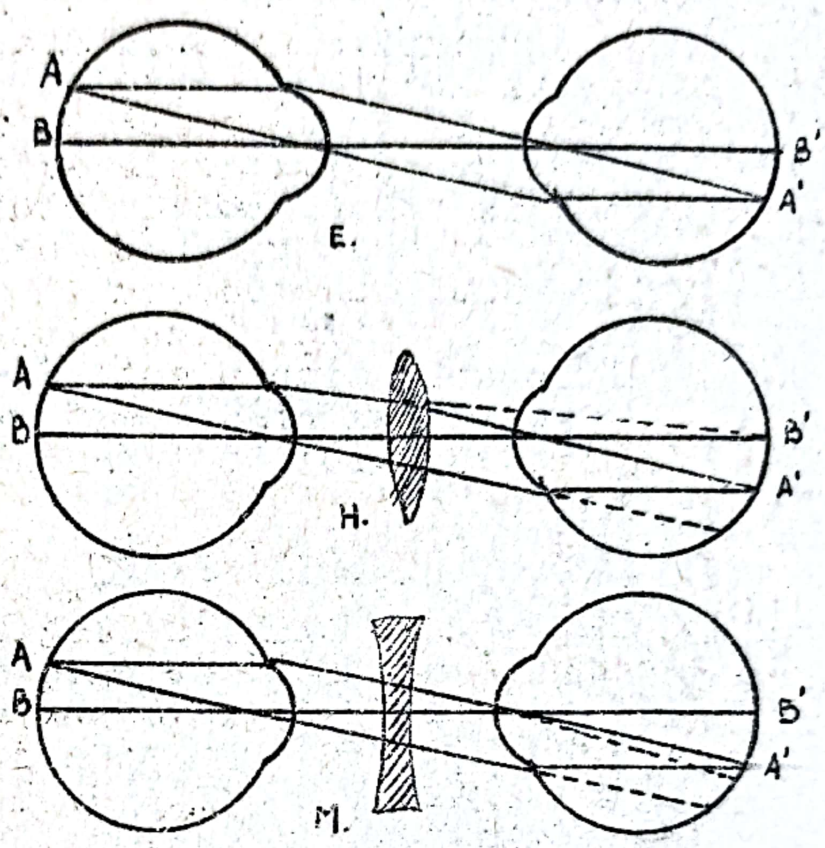
- un sistem de luminaj care se întinde dela sursa luminoasă la ochiul subiectului;
- un sistem de observaţie ce merge dela ochiul subiectului la ochiul observatorului.

Există mai multe tipuri de oftalmoscoape :

a) Oftalmoscopul simplu este format dintr-o oglindă uşor concavă sau plană perforată de o gaură centrală. Funcţionarea lui este asemănătoare celei a oglinzii frontale.

b) Oftalmoscopia directă sau cu imagine dreaptă. Se execută fără interpoziţia vreunei lentile colectoare şi constă în a examina imaginea retiniană care se formează la infinit. Se face cu ajutorul oftalmoscopului cu oglinda concavă sau plană,metodă care necesită corecţia refracţiei ochiului observat. Pentru aceasta se găsesc o serie de lentile care pot trece îndărătul orificiului oglinzii (oftalmoscoape cu refracţie). Sursa de lumină preferabil este un bec electric de voltaj mic. Observatorul se consideră emetrop sau priveşte cu corecţie. Retina observatului iluminată de razele care trec prin pupilă se comportă ca un veritabil obiect luminos a cărui raze ies din ochi refractate de proprii săi dioptrii. Imaginea fundului de ochi va fi întoarsă.Observatorul o va proiecta la infinit ca imagine virtuală *în prelunginea razelor paralele*. Raportîndu-se razele paralele la distanţa obişnuită de citit,observatorul o va proiecta întoarsă din nou adică dreaptă, în spaţiu îndărătul capului subiectului şi mărită de circa 15 ori. Mărimea aparentă a imaginei se datoreşte distanţei la care este proiectată imaginea virtuală. Mărimea convenţională a unei lupe corespunzînd la 1/4 din puterea sa, cum puterea de refracţie a ochiului este de 60,vom avea 60/4 = 15.Este evident că observatorul emetrop nu poate prinde o imagine netă adică în focar,dacă razele ieşite din ochiul subiectului nu sînt paralele. Astfel vrînd

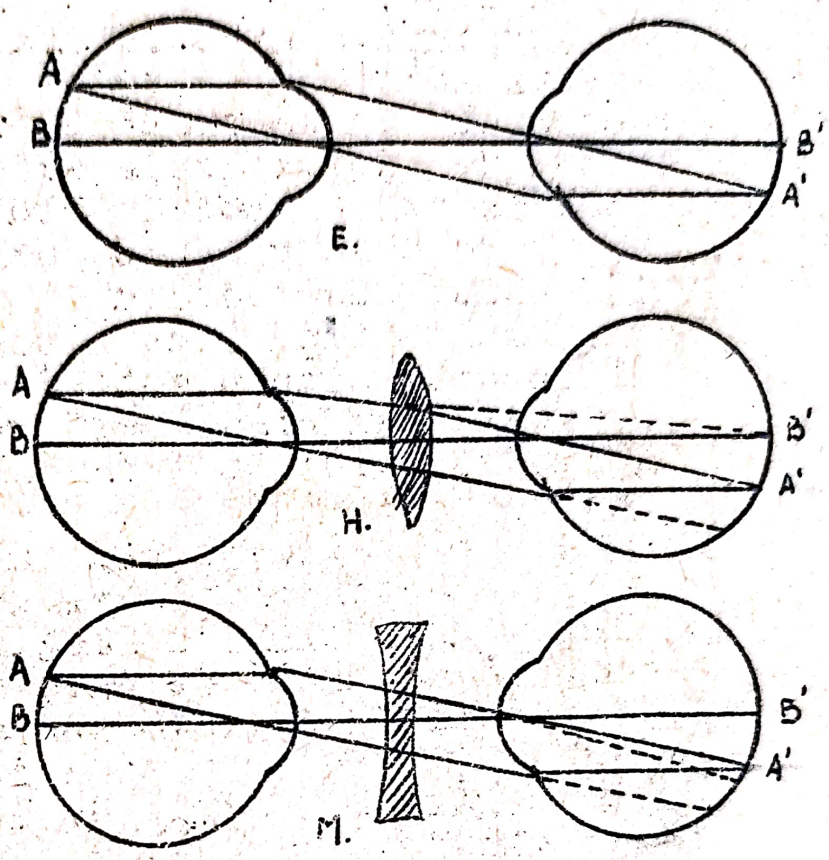
că observăm fundul de ochi ametrop trebuie să facem paralele razele divergente (ochiul hipermetrop)sau convergente (ochiul miop) intercalînd lentile corectoare respectiv convergente sau divergente pînă se egalează refracţia ochiului subiectului. Gradul acestor lentile indică (excluzînd intervenţia acomodaţiei din partea subiectului şi observatorului)gradul ametropiei ochiului observat. Cea mai slabă lentilă care dă o imagine clară a fundului de ochi observat măsoară gradul miopiei,iar cea mai puternică lentilă convexă care dă o imagine clară măsoară gradul hipermetropiei. Pe acest principiu se bazează determinarea oftalmoscopică a refracţiei oculare.



c) Oftalmoscopia indirectă este numită astfel pentru că fundul de ochi este văzut prin intermediul unei lentile,imaginea fiind întoarsă (preconizată de Ruete 1852). Se întrebuinţează în ea două lentile,una obiectiv plasată în apropierea ochiului pacientului şi alta ocular aşezată îndărătul orificiului oftalmoscopului.

Din ochiul iluminat razele ies paralele în emetropie,divergente în hipermetropie şi convergente în miopie. Pentru a culege o imagine reală a acestor raze,se va intercala în primele două cazuri o lentilă convexă iar în miopie aceasta nu este necesar deoarece se obţine o imagine reală şi întoarsă a fundului de ochi. Cîmpul de examinare al retinei este mai mare decît în metoda directă însă puterea de mărire este mai mică.

să observăm fundul de ochi ametrop trebuie să facem paralele razele divergente (ochiul hipermetrop)sau convergente (ochiul miop) intercalînd lentile corectoare respectiv convergente sau divergente pînă se egalează refracţia ochiului subiectului. Gradul acestor lentile indică (excluzînd intervenţia acomodaţiei din partea subiectului şi observatorului)gradul ametropiei ochiului observat. Cea mai slabă lentilă care dă o imagine clară a fundului de ochi observat măsoară gradul miopiei,iar cea mai puternică lentilă convexă care dă o imagine clară măsoară gradul hipermetropiei. Pe acest principiu se bazează determinarea oftalmoscopică a refracţiei oculare.

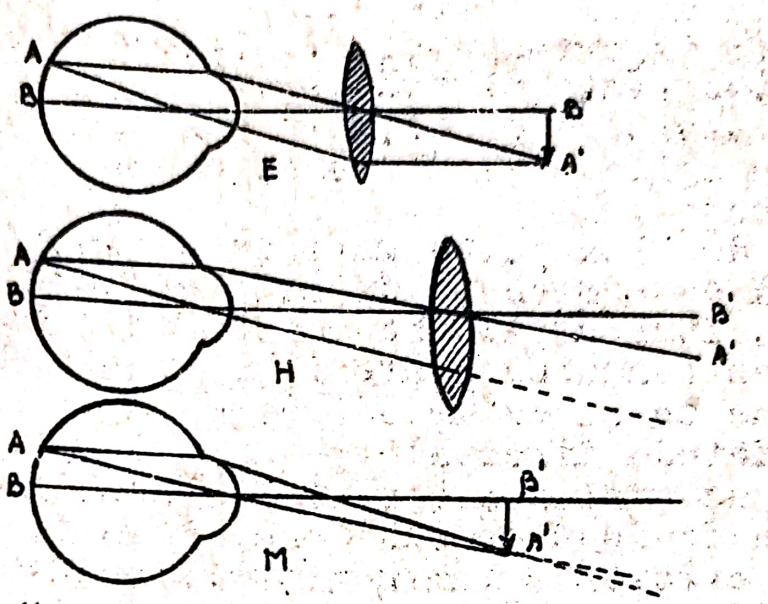


c) Oftalmoscopia indirectă este numită astfel pentru că fundul de ochi este văzut prin intermediul unei lentile,imaginea fiind întoarsă (precomizată de Ruete 1852). Se întrebuinţează în ea două lentile,una obiectiv plasată în apropierea ochiului pacientului şi alta ocular aşezată îndărătul orificiului oftalmoscopului.

Din ochiul iluminat razele ies paralele în emetropie,divergente în hipermetropie şi convergente în miopie. Pentru a culege o imagine reală a acestor raze,se va intercala în primele două cazuri o lentilă convexă iar în miopie aceasta nu este necesar deoarece se obţine o imagine reală şi întoarsă a fundului de ochi. Cîmpul de examinare al retinei este mai mare decît în metoda directă însă puterea de mărire este mai mică.

Lentila obiectiv e o lentilă convexă de 13-15 D ţinută înaintea ochiului pacientului la distanţa focarului ei principal aproximativ la 76-66 mm.

In cazul cînd atît observatorul cît şi subiectul sînt emetropi, porţiunea luminată (AB) a retinei va da raze care emergînd paralel dela ochi trec prin lentila obiectiv şi converg în focarul ei principal formînd o imagine reală, întoarsă şi aeriană (A'B'). In scopul de a vedea detaliile acestei imagini observatorul nu



trebuie să caute să privească în ochi prin lentilă ci la distanţa focarului ei pentru imeginea aeriană A'B'. Imaginea poate fi făcută netă pe retină prin două căi :

- prin relaxarea completă a acomodaţiei utilizînd o lentilă ocular de + 4 sau + 3 îndărătul orificiului oftalmoscopic;

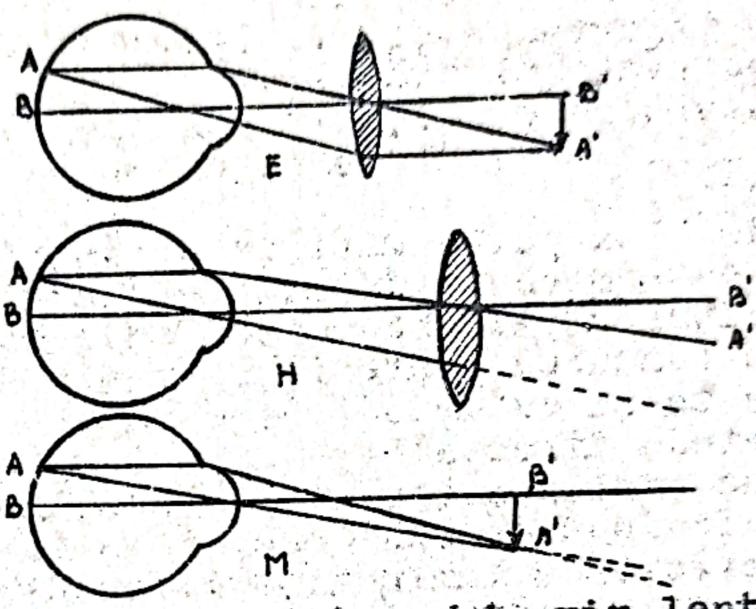
- prin acomodare care reprezintă o lentilă convexă adăogată la lentila cristaliniană. Pentru aceasta observatorul trebuie să se aşeze la distanţa obişnuită şi să înveţe să vadă imaginea aeriană în spaţiul în care ea apare dintr-o dată în perfectă claritate.

Principiul optic pe care se bazează oftalmoscopia cu imagine întoarsă este următorul : imaginea retinei luminate se va găsi în p.remotum. Dacă avem de-a face cu un ochi foarte miop, imaginea retiniană va fi reală, întoarsă şi suficient de apropiată de ochiul subiectului pentru ca observatorul s-o poată vedea net. Dacă subiectul este E, H sau insuficient M, se plasează înaintea ochiului său o lentilă puternic convergentă (12-15 D) care aduce la cazul precedent.

Făcînd o comparaţie între metoda indirectă şi cea directă, se constată următoarele :

Lentila obiectiv e o lentilă convexă de 13-15 D ţinută înaintea ochiului pacientului la distanţa focarului ei principal aproximativ la 76-66 mm.

In cazul cînd atît observatorul cît şi subiectul sînt emetropi, porţiunea luminată (AB) a retinei va da raze care emergînd paralel dela ochi trec prin lentila obiectiv şi converg în focarul ei principal formînd o imagine reală, întoarsă şi aeriană (A'B'). In scopul de a vedea detaliile acestei imagini observatorul nu trebuie să caute să privească în ochi prin lentilă distanţa focarului ei pentru imeginea aeriană Imaginea poate fi făcută netă pe retină prin căi :



- prin relaxarea completă a acomodaţiei utilînd o lentilă ocular de + 4 sau + 3 îndărătul orificiului oftalmoscopic;

- prin acomodare care reprezintă o lentilă convexă adăogată la lentila cristaliniană. Pentru aceasta observatorul trebuie să se aşeze la distanţa obişnuită şi să înveţe să vadă imaginea aeriană în spaţiul în care ea apare dintr-o dată în perfectă claritate.

Principiul optic pe care se bazează oftalmoscopia cu imagine întoarsă este următorul : imaginea retinei luminate se va găsi în p.remotum. Dacă avem de-a face cu un ochi foarte miop, imaginea retiniană va fi reală, întoarsă şi suficient de apropiată de ochiul subiectului pentru ca observatorul s-o poată vedea net. Dacă subiectul este E, H sau insuficient M, se plasează înaintea ochiului său o lentilă puternic convergentă (12-15 D) care aduce la cazul precedent.

Făcînd o comparaţie între metoda indirectă şi cea directă, se constată următoarele :

Metoda indirectă:
- dă un cîmp foarte larg, putîndu-se obţine o privire de ansamblu a fundului de ochi;
- permite observarea leziunilor dela periferia cîmpului;
- permite examinarea cu pupila contractată;
în miopia forte, fundul este clar vizibil cu detalii importante şi o largă mărire;
- observatorul stă la mare distanţă de pacient;
- cataractele iniţiale se observă mai bine numai cu oglinda la distanţa de 40-50 cm.(a metodei indirecte).

Pe de altă parte mărirea obţinută prin această metodă este mică şi detaliile fundului nu sînt prea clare. Insă utilizînd metoda cu o mărire accentuată, vederea fundului poate fi obţinută aproape tot aşa de bine ca şi cu metoda directă.

Metoda directă:
- se utilizează pentru a studia minuţios modificările de fund de ochi căci detaliile sînt clare;
- creşterea luminozităţii becului electric măreşte şi mai mult claritatea imaginei.

4) Diafanoscopia. In anumite cazuri trebuie controlat gradul de transparenţă a membranelor oculare interne şi al vitrosului.

Diafanoscopia este metoda prin care se pune în evidenţă transluciditatea ţesuturilor pentru a examina unele părţi ale globului. Diafanoscoapele sînt aparate la care la sursa de lumină se aplică un sistem de lentile convergente închise într-un con cu pereţii opaci în aşa fel ca lumina să poată ieşi traversînd vîrful.

Aplicînd vîrful diafanoscopului perpendicular pe scleră, cu pupila dilatată, se poate vedea cavitatea oculară luminîndu-se (pupila apare roşie) sau nu (pupila apare neagră). Dacă opacitatea pereţilor oculari şi a vitrosului este circumscrisă, cavitatea oculară va primi lumină dela vîrful conului numai în anumite sectoare ale sclerei.

5) Gonioscopia este metoda prin care se studiază unghiul camerei anterioare. Principiul metodei constă în suprimarea reflexiei totale a luminii produsă de faţa anterioară a corneei cînd se explorează unghiul oblic şi se execută fie prin deprimarea părţii anterioare a sclroticei fie prin sticle de contact speciale.

Scanned with OKEN Scanner

Proprietăţile retinei.

Din p.d.v.histologic retina este considerată ca ramificaţie în fundul ochiului, a nervului optic. Ea are 10 straturi dintre care,cel care ne importă pe noi este stratul care cuprinde elementele senzoriale : celulele cu conuri (pentru percepţia culorilor) şi celulele cu bastonaşe(pentru percepţia intensităţilor luminoase). Există o regiune din retină (papila sau pata oarbă a lui Mariotte) care conţine fibre nervoase dar nici o celulă cu conuri sau bastonaşe şi care nu dă nici o impresie vizuală. Prezenţa petei oarbe se poate demonstra astfel: se plasează înaintea unui ochi (de ex.dreptul) o foaie de hîrtie pe care este desenată o cruce şi la o distanţă egală cu depărtarea dintre ochi se desenează un cerc negru cu un diametru de 5 mm. Se închide ochiul stîng iar ochiul drept se depărtează la o distanţă de 25 cm. Se constată dispariţia cercului deşi linia care înconjoară desenul se vede foarte bine.

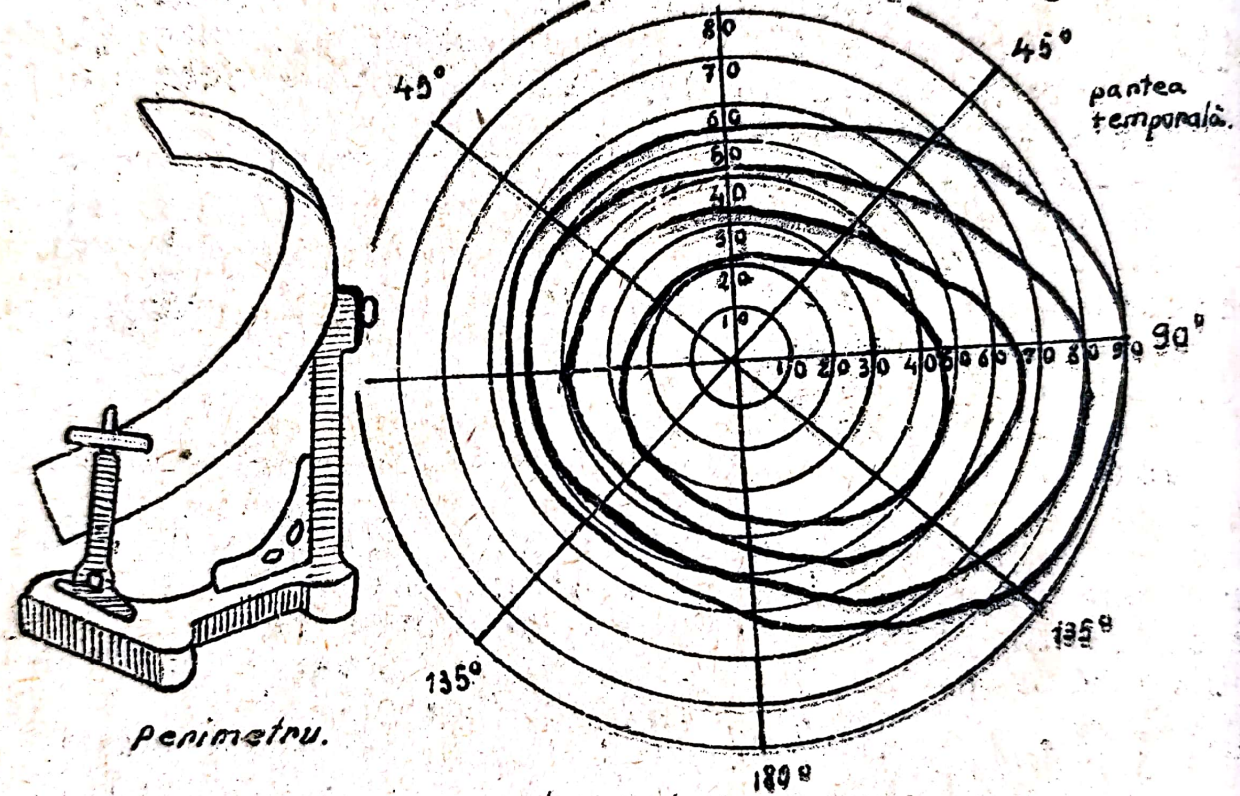
Pe retină mai există un punct numit pata galbenă sau macula lutea în centrul căreia se găseşte o fosetă (fovecla)pe care se formează imaginile obiectelor pe care le privim. In această regiune există aproape numai celule cu conuri.

Ar părea curios faptul că nu percepem vasele sanguine care se găsesc în retină, înaintea celulelor senzoriale. Aceasta ţine de obişnuinţe de a neglija umbrele ce nu corespund nici unui obiect exterior,lucru ce se poate demonstra printr-o experienţă foarte simplă : se aşează înaintea ochiului cam în dreptul planului focal anterior,un carton prevăzut cu o gaură. Razele care trec prin gaură, după refracţie,se propagă prin ochi paralele între ele,producînd umbre destul de nete a vaselor pe stratul elementelor senzoriale. Dacă dăm cartonului o mişcare de du-te-vino cu o frecvenţă de două mişcări de secundă şi dacă privim prin gaură o suprafaţă luminată uniform,vom vedea apărînd ceea ce se numeşte "arborele vascular al lui Purkinje" şi care

este datorită umbrelor vaselor ce se deplasează pe retină.

Cîmpul vizual reprezintă regiunea din spaţiul pe care poate s-o privească un ochi menţinut imobil. Aparatul întrebuinţat pentru măsurarea cîmpului vizual se numeşte perimetru. El nu este altceva decît un semicerc ce poate fi rotit astfel că descrie o suprafaţă de o semisferă.

Se determină cîmpul vizual pe rînd pentru fiecare ochi, pentru diferite înclinaţii ale perimetrului şi pentru patru culori : alb, albastru, roş şi verde. Se obţin astfel 4 diagrame dintre care cea mai mare corespunde culorii albe. Cîmpul vizual deşi este foarte întins, obiectele situate pe marginea



Perimetru.

Cîmpul vizual al ochiului drept.

lui ne dau imagini confuze, căci pata galbenă are o suprafaţă restrînsă. Deaceea axul ochiului este în încontinuă mişcare pentru a fixa succesiv punctele ce sînt de examinat. Părţile laterale ale retinei au un rol de avertizare.

Să vedem fenomenele obiective şi subiective ce au loc la nivelul retinei în urma excitaţiei luminoase.

Ca fenomene obiective avem acţiunea chimică a luminii asupra retinei şi care constă în aceea că, retina colorată normal în roşu, se decolorează sub acţiunea luminii, pentru a se recolora din nou

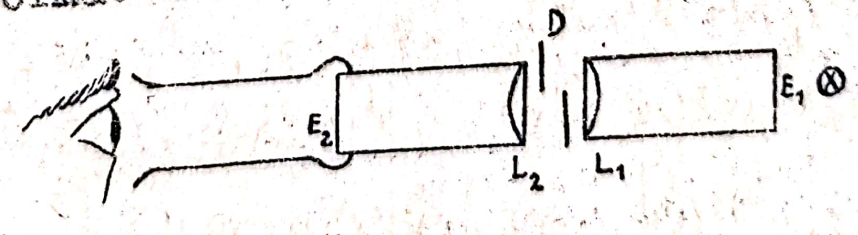
la întuneric. Schimbarea de culoare se face plecînd dela roşu şi trecînd prin culorile intermediare pînă la alb,datorită unor substanţe speciale localizate în partea externă a bastonaşelor (numită eritropsină sau purpur retinian) şi în conuri (numită iodopsină). Amîndouă sînt formate din Vit.A.şi substanţe proteice.

Procesul de descompunere a substanţelor fotochimice din celulele vizuale se face paralel cu procesul de reconstituire,ele depinzînd de intensitatea luminii;cu cît lumina este mai intensă cu atît predomină procesul de descompunere şi invers. Partea din spectru care modifică cel mai mult culoarea acestor substanţe se găseşte între radiaţiile galbene şi verzi,radiaţii care de altfel sînt cele mai mult absorbite.

Purpurul retinian nu se reface decît dacă intră în contact cu stratul pigmentar al retinei care îi asigură Vit.A.,în timp ce substanţa fotochimică din conuri se poate regenera şi fără contactul cu acest strat. Din această cauză retina deslipită de stratul pigmentar pierde sensibilitatea bastonaşelor dar poate păstra sensibilitatea regiunii maculare.

Ca fenomene subiective avem minimul perceptibil. Printre senzaţiile mai mult sau mai puţin vii pe care le poate produce lumina,este una care constituie un reper bine definit : minimul perceptibil sau pragul excitaţiei. Foarte simplu în definiţie, este foarte greu de determinat căci variază cu condiţiile de experienţă.

Ea se determină cu aparatul numit fotoptometru ce este format dintr-un tub înnegrit în interior şi care la cele două capete are cîte un ecran translucid.In mijlocul tubului se găsesc două lentile plan convexe separate printr-un diafragm reglabil care se comandă dela exterior,astfel ca să ştim în orice moment suprafaţa deschiderii exprimată în mmp. Se aşează în faţa unui ecran o sursă de lumină iar în faţa celuilalt ecran,ochiul de examinat. Se manevrează diafragmul pînă apare pragul excitaţiei luminoase.



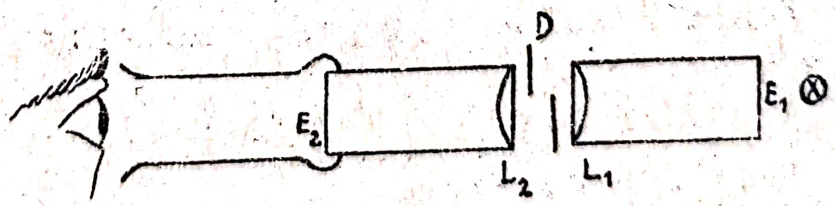
la întuneric. Schimbarea de culoare se face plecînd dela roşu şi trecînd prin culorile intermediare pînă la alb,datorită unor substanţe speciale localizate în partea externă a bastonaşelor (numită eritropsină sau purpur retinian) şi în conuri (numită iodopsină). Amîndouă sînt formate din Vit.A.şi substanţe proteice.

Procesul de descompunere a substanţelor fotochimice din celulele vizuale se face paralel cu procesul de reconstituire,ele depinzînd de intensitatea luminii;cu cît lumina este mai intensă cu atît predomină procesul de descompunere şi invers. Partea din spectru care modifică cel mai mult culoarea acestor substanţe se găseşte între radiaţiile galbene şi verzi,radiaţii care de altfel sînt cele mai mult absorbite.

Purpurul retinian nu se reface decît dacă intră în contact cu stratul pigmentar al retinei care îi asigură Vit.A.,în timp ce substanţa fotochimică din conuri se poate regenera şi fără contactul cu acest strat. Din această cauză retina deslipită de stratul pigmentar pierde sensibilitatea bastonaşelor dar poate păstra sensibilitatea regiunii maculare.

Ca fenomene subiective avem minimul perceptibil. Printre senzaţiile mai mult sau mai puţin vii pe care le poate produce lumina,este una care constituie un reper bine definit : minimul perceptibil sau pragul excitaţiei. Foarte simplu în definiţie, este foarte greu de determinat căci variază cu condiţiile de experienţă.

Ea se determină cu aparatul numit fotoptometru ce este format dintr-un tub înnegrit în interior şi care la cele două capete are cîte un ecran translucid.In mijlocul tubului se găsesc două lentile plan convexe separate printr-un diafragm reglabil care se comandă dela exterior,astfel ca să ştim în orice moment suprafaţa deschiderii exprimată în mmp. Se aşează în faţa unui ecran o sursă de lumină iar în faţa celuilalt ecran,ochiul de examinat. Se manevrează diafragmul pînă apare pragul excitaţiei luminoase.



Pragul depinde de mai mulţi factori şi anume:
- Variază dela individ la individ.
- Variază cu stadiul de acomodare la lumină căci sensibilitatea creşte mult la întuneric. De aceea pentru a se lua pragul individul trebuie să stea cel puţin 15 minute în obscuritate.
- Este în funcţie de mărimea imaginei retiniene. Dacă imaginea nu este prea mică, pragul excitaţiei depinde numai de strălucirea sursei şi nu de cantitatea de lumină ce pătrunde în ochi, în care caz minimul perceptibil corespunde unui flux energetic de $3,10^{-14}$ waţi/cmp. de retină. Cînd diametrul aparent sub care ochiul vede obiectul, cade sub 1/10o, strălucirea care dă pragul, devine invers proporţională cu dimensiunile. Fluxul de energie ce atinge în acest caz ochiul nu poate depăşi $5,10^{-17}$ waţi/cmp.
- Este în funcţie de regiunea retiniană ce se examinează ; pentru obiectele ce sînt privite sub un unghi mai mic de jumătate de grad, pragul este acelaşi pentru orice punct retinian, afară de pata oarbă; pentru un unghi de cîteva minute, se constată că există o zonă de mică sensibilitate - fovea centralis - deci tocmai regiunea în care se formează obiectele fixate. Deci această porţiune retiniană este specializată pentru privirea detaliilor pe socoteala sensibilităţii luminoase brute. Foveea se mai distinge şi prin aceea că ea prezintă fenomene de adaptare la cele mai slabe lumini.
- Depinde şi de condiţiile experienţei : de mărimea sursei şi dacă luminarea este întreruptă sau continuă. Astfel cînd s-a căutat să se vadă care este cantitatea de lumină (Q) care dă un minim de senzaţie în funcţie de durata (t) pentru luminări foarte scurte, s-au obţinut relaţia :

$$Q = a + b.t$$

formulă în care a şi b sînt coeficienţi numerici. Se observă că această formulă este asemănătoare cu cea stabilită de Weiss care uneşte cantitatea de electricitate necesară pentru a obţine pragul contracţiei musculare cu durata excitaţiei electrice.

Pentru a se atinge o sensibilitate şi mai mare, imaginea sursei pe retină trebuie să se obţină nu în centrul ci la periferie unde sensibilitatea este mai mare. Pentru aceasta ochiul trebuie să privească, dintr-o parte.

Locurile dela extrema periferie a retinei

sînt aproape insensibile la excitanţii luminoşi. Pentru vederea colorată sau de zi, sensibilitatea maximă se află în regiunea cu conuri, adică în regiunea depresiunei centrale a petei galbene, diminuînd treptat pe măsura depărtării spre periferie. Pentru vederea crepusculară sau acromatică, sensibilitatea maximă se află la periferia foveei centrale (între cca.10 şi 20°).

Întrucît bastonaşele posedă o sensibilitate mai mare decît conurile, ele funcţionează la intensităţi slabe ale excitanţilor.

Mai adăugăm că pragul sensibilităţii retiniene este cam de două ori mai mic pentru viziunea binoculară decît pentru cea monoculară.

O lumînare de stearină aşezată la distanţa de 1 m. de ochi, trimite sub formă de raze vizibile, aproximativ 2.10^{-7} cal.mici într-o secundă/cmp. Pentru ca dela ea să ajungă pînă la ochi 5.10^{-18} cal.mici ea trebuie îndepărtată de ochi pînă la 200 km. Deci se poate spune că pragul excitaţiei vizuale corespunde energiei vizibile care cade într-o secundă pe 1 cmp. dela o lumînare de stearină care se află la distanţa de 200 km. Evident că se presupune că atmosfera nu absoarbe lumina, ceea ce de fapt nu este adevărat. Ochiul este astfel aparatul fizic cel mai perfect.

Am examinat mai sus sensibilitatea absolută a ochiului în raport cu vederea acromatică. Pentru vederea cromatică, curba sensibilităţii se determină în condiţii de vedere conică pură, adică un cîmp vizual foarte mic($1,5^0$). Conurile posedă sensibilitatea maximă la culoarea galbenă. Însă în funcţie de intensitatea luminii se modifică şi curba sensibilităţii. In cazul unei intensităţi mici a luminii (în amurg) cînd tonurile nu se mai deosebesc, sensibilitatea maximă se deplasează cu 46-50 mμ spre dreapta, sensibilitatea maximă fiind în dreptul culorii verde. Se ştie că pe măsură ce intensitatea luminoasă diminuă, culorile "dispar" treptat : primele roşu şi cel mai mult se păstrează cele albastre. La o lumină slabă, de ex. noaptea, la lună, culorile obiectelor devin pentru noi cu totul altele deoarece curba de vizibilitate crepusculară este deplasată spre regiunea undelor scurte şi pentru că dispar impresiile de culoare. Dacă se ia prin metodele obişnuite, o fotografie în culori a unui peisaj luminat de lună, obţinem o fotografie în culoa-

sînt aproape insensibile la excitanţii luminoşi. Pentru vederea colorată sau de zi, sensibilitatea maximă se află în regiunea cu conuri, adică în regiunea depresiunei centrale a petei galbene, diminuînd treptat pe măsura depărtării spre periferie. Pentru vederea crepusculară sau acromatică, sensibilitatea maximă se află la periferia foveei centrale (între cca.10 şi 20°).

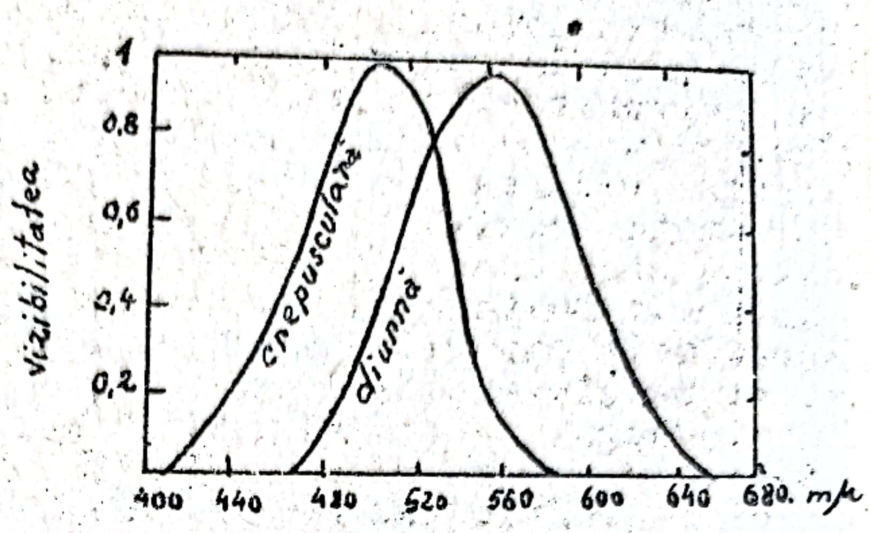
Întrucît bastonaşele posedă o sensibilitate mai mare decît conurile, ele funcţionează la intensităţi slabe ale excitanţilor.

Mai adăugăm că pragul sensibilităţii retiniene este cam de două ori mai mic pentru vizaiunea binoculară decît pentru cea monoculară.

O lumînare de stearină aşezată la distanţa de 1 m. de ochi, trimite sub formă de raze vizibile, aproximativ 2.10^{-7} cal.mici într-o secundă/cmp. Pentru ca dela ea să ajungă pînă la ochi 5.10^{-18} cal.mici ea trebuie îndepărtată de ochi pînă la 200 km. Deci se poate spune că pragul excitaţiei vizuale corespunde energiei vizibile care cade într-o secundă pe 1 cmp. dela o lumînare de stearină care se află la distanţa de 200 km. Evident că se presupune că atmosfera nu absoarbe lumina, ceea ce de fapt nu este adevărat. Ochiul este astfel aparatul fizic cel mai perfect.

Am examinat mai sus sensibilitatea absolută a ochiului în raport cu vederea acromatică. Pentru vederea cromatică, curba sensibilităţii se determină în condiţii de vedere conică pură, adică un cîmp vizual foarte mic (1,5°). Conurile posedă sensibilitatea maximă la culoarea galbenă. Însă în funcţie de intensitatea luminii se modifică şi curba sensibilităţii. In cazul unei intensităţi mici a luminii (în amurg) cînd tonurile nu se mai deosebesc, sensibilitatea maximă se deplasează cu 46-50 mμ spre dreapta, sensibilitatea maximă fiind în dreptul culorii verde. Se ştie că pe măsură ce intensitatea luminoasă diminuă, culorile "dispar" treptat: primele roşu şi cel mai mult se păstrează cele albastre. La o lumină slabă, de ex. noaptea, la lună, culorile obiectelor devin pentru noi cu totul altele deoarece curba de vizibilitate crepusculară este deplasată spre regiunea undelor scurte şi pentru că dispar impresiile de culoare. Dacă se ia prin metoda fotografie în culori a unui peisaj luminat de lună, obţinem o fotografie în culoarea obişnuite, o fotografie în culori a unui peisaj luminat de lună, obţinem o fotografie în culoa-

rea diurnă obişnuită, în timp ce imaginea vizuală reală este cu totul alta. Luna însăşi ne apare emiţînd o lumină verzuie deşi repartiţia energiei în spectru luminii lunii este aproape aceeaşi ca şi la soare.



Invers, cînd avem de-a face cu o lumină de claritate foarte mare, culorile îşi pierd saturaţia şi devin albicioase sau gălbui, fenomen în care culoarea violet se modifică cel mai mult, iar cea roşie cel mai puţin.

O proprietate a retinei, cu largi aplicaţii, este percepţia diferenţială. Iată în ce constă fenomenul : ochiul nu apreciază decît imperfect două senzaţii luminoase din p.d.v. al intensităţii, dacă ele se succed la un interval oarecare. Lucrurile se petrec altfel cînd aceste două excitaţii sînt simultane. In acest caz, ochiul este foarte sensibil putînd deosebi, pentru un luminat mijlociu şi la o lumină albă, o diferenţă de cca. 1/100. Deci ochiul distinge obiectele numai datorită diferenţei lor de strălucire. Diferenţierea este posibilă numai în cazul cînd există o anumită deosebire (un contrast) între strălucirea fondului (Bf) şi a piesei (Bp). Această diferenţă minimă pe care o percepe ochiul se numeşte diferenţă de prag (ΔB) şi care deci este egală cu :

$$\Delta B = Bf - Bp$$

Raportul dintre diferenţa prag a strălucirii (ΔB) şi strălucirea fondului (Bf) se numeşte pragul sensibilităţii diferenţiale (de contrast) a ochiului sau contrastul de prag (K prag). Deci :

$$K\ prag = \frac{\Delta B}{Bf}$$

Cu cît pragul sensibilităţii diferenţiale este mai coborît, adică cu cît ochiul percepe o diferenţă mai mică între strălucirii, cu atît sensibi-

litatea lui este mai fină. Deci sensibilitatea diferenţială (de contrast)este invers proporţională cu contrastul de prag,care se determină prin raportul strălucirii fondului la diferenţa de prag a strălucirilor.

Sensibilitatea de contrast creşte cu mărirea strălucirii fondului dela 0,00065 la 0,065 stilbi Atît coborîrea cît şi creşterea strălucirii fondului dincolo de valorile indicate,scad sensibilitatea de contrast.

Percepţia diferenţială este astfel în funcţie de mai mulţi factori :

- In funcţie de iluminat. Presupunînd două suprafeţe luminate la fel cu lămpi de 1000 de lumînări,se observă o diferenţă în iluminare dacă la una din ele se adaugă 20 lumînări. Deci raportul dintre creşterea minimă a iluminării de bază va fi de 20/1000 deci 2%. In tabelul de mai jos sînt date valorile acestei creşteri procentuale pentru diferite intensităţi luminoase (în lumînări)pentru lumina galbenă (650 mμ).

I luminoasă	creştere minimă	I lumin.	creştere minimă
200.000	4,25%	100	2,78%
50.000	2,55%	50	3,78%
20.000	1,83%	20	4,60%
10.000	1,63%	10	6,10%
5.000	1,58%	5	10,3%
2.000	1,80%	2	16,7%
1.000	1,98%	1	21,2%
500	2,25%	0,5	27,6%
200	2,35%	0,2	33,2%

Intensitatea incidentă de 200.000 lumînări corespunde aproximativ luminii solare directe.Se observă din tabel că diferenţa de strălucire este percepută cel mai bine la o intensitate luminoasă de cca.5000 lumînări şi că mărimea creşterii acestei posibilităţi de recunoaştere este aproape constantă (în jurul lui 2%)în limitele dela 200 la 20.000 lumînări. Posibilitatea de a deosebi strălucirile are importanţă mare pentru vieţuitoare. Lărgimea intervalului dela 200-20.000 lumînări unde această posibilitate este cea mai dezvoltată, corespunde aproximativ variaţiilor de iluminare produse de soare. Deci posibilitatea de a deosebi strălucirile ca şi senşaţia de strălucire a ochiului sînt adaptate soarelui,dar nu luminii sale di-

recte, ci razelor sale difuzate de atmosferă şi obiectele înconjurătoare.

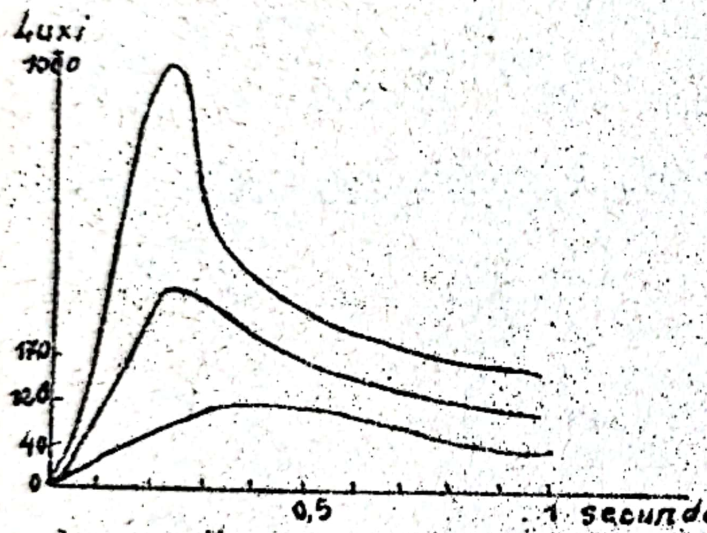
- Scade cu diametrul suprafeţei iradiate.

- Diferă de regiunea retiniană excitată, scăzînd pe măsură ce ne depărtăm de foseta centrală.

- Creşte la dublu în privirea binoculară ca şi cum sensibilitatea celor doi ochi s-a adunat.

- Este crescută în lumina colorată, în special pentru regiunea galben-verde (556 mμ), fapt care face să se utilizeze filtre cromatice în determinările de decsebiri de intensitate luminoasă (fotometrie). Curba este deplasată spre dreapta la iluminări puternice şi spre stînga la iluminări slabe.

Senzaţia luminoasă pentru a fi percepută de către ochi, trebuie să dureze un timp oarecare, fără însă a fi un paralelism între durata excitaţiei luminoase şi senzaţie. Senzaţia este cu atît mai mare şi cu atît mai apropiată de origine, cu cît strălucirea este mai intensă; dar după ce a trecut prin valoarea maximă, senzaţia descreşte dacă durata mai creşte. Deci strălucirea unei surse luminoase de scurtă durată este superioară aceleia pe care o dă aceiaşi strălucire dacă



durează mai mult, lucru ce s-a demonstrat cu ajutorul oglinzii învîrtitoare.

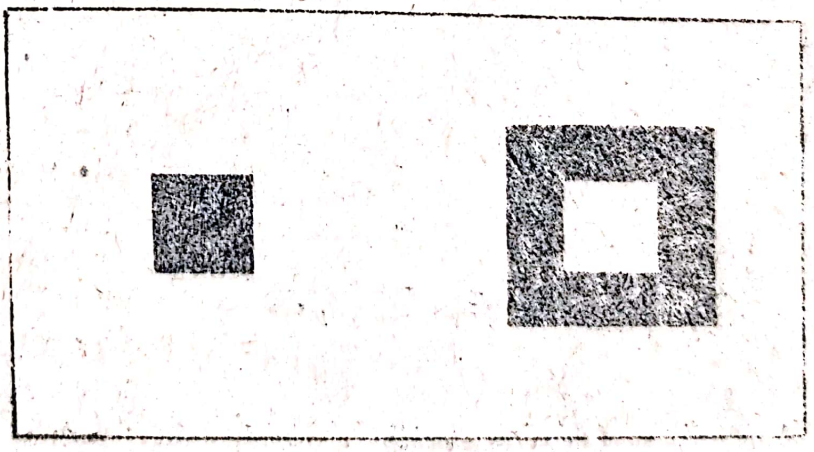
Senzaţia luminoasă nu dispare instantaneu cu dispariţia excitaţiei retinei. S-a observat că, pentru ca două senzaţii luminoase să fuzioneze, adică imaginea să fie mai persistentă, frecvenţa trebuie să fie cu atît mai mare, cu cît lumina este mai intensă. Aplicaţii ale acestui fenomen sînt numeroase şi importante, dintre care nu citäm decît cinematografia.

O altă proprietate a retinei constă în senzaţiile consecutive excitaţiei retiniene şi care se caracterizează prin imaginile succesive. Iată în ce constă aceste fenomene : dacă fixăm cîtva timp o sursă luminoasă şi apoi închidem ochii sau privim o suprafaţă întunecată, după un timp oarecare,

ne apare o imagine asemănătoare obiectului fixat, însă cu intensitate mai slabă. Această imagine care are aceleaşi caractere că şi obiectul este numită imaginea pozitivă, ea apărînd ca o reviviscenţă a obiectului. Dacă fixăm din nou un obiect luminos şi apoi ne aruncăm privirea pe o foaie de hîrtie albă, va apare o imagine asemănătoare unui negativ fotografic, de unde numele de imagini negative date acestui fenomen. Deci după strălucirea la care este supus ochiul după o excitaţie luminoasă, ne va apare fie o imagine pozitivă (fond negru), fie negativă (fond clar). Formarea imaginelor negative se explică prin oboseala retinei, a cărei sensibilitate a fost slăbită în locul în care s-a format imaginea primitivă căci dacă se supune apoi retina unei excitaţii uniforme, privind o hîrtie albă, se va produce o impresie mai puţin vie în locurile excitate anterior, de unde apariţia unei imagini sumbre cu aceiaşi formă ca obiectul luminos. In ce priveşte imaginea pozitivă, ea ar fi consecinţa reconstituţiei purpurului retinian datorită irigaţiei sangvine. Cînd această reconstituire a atins o valoare suficientă, ea va provoca apariţia unei imagini.

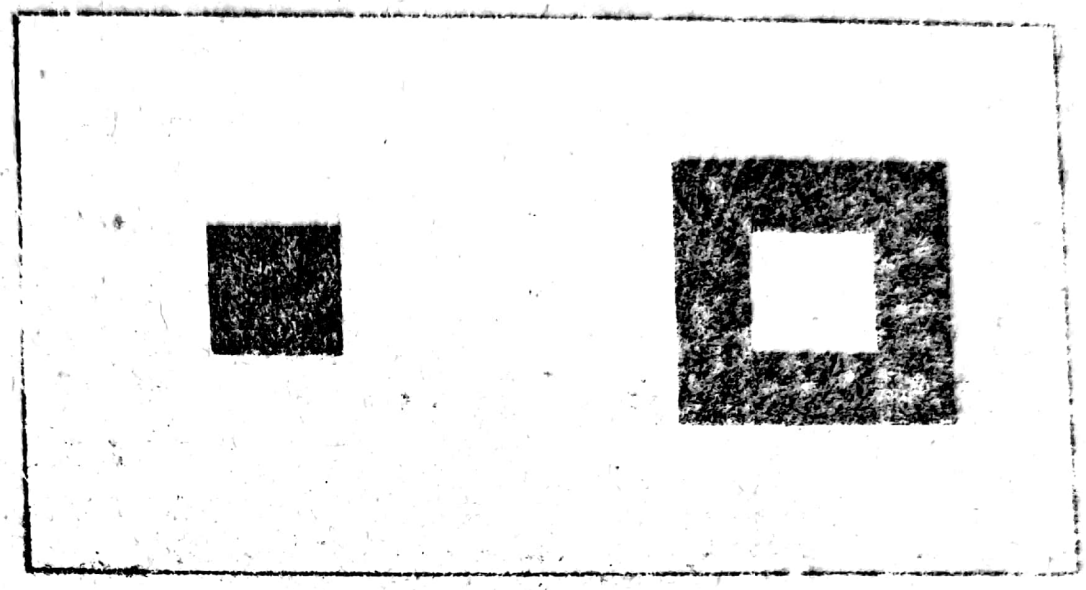
Astfel s-ar explica de ce imaginea consecativă, a cărei intensitate este mai mică mai întîi, atinge maximum său de vizibilitate în circa 15".

Un alt fenomen curios este acela că suprafeţele puternic luminate şi privite pe un fond întunecat, ne par mai mari de cît sînt în realitate, lucru de care ne putem convinge cu ajutorul figurei alăturate. Această mărime aparentă constituie fenomenul de iradiere care este datorit micilor cercuri de difuziune ce formează un fel de penumbră pe marginele imaginei retiniene, penumbră care nu se distinge de suprafaţa albă din cauza legei fizico-psihice după care, senzaţia crescînd mult mai încet de cît excitaţia,



Astfel s-ar explica de ce imaginea consecativă, căreia intensitate este mai mică mai întîi, atinge eximum său de vizibilitate în circa 15".

Un alt fenomen curios este acela că suprafeţe- ternic luminate şi privite pe un fond întune- ne par mai mari de cît sînt în realitate, lu- e care ne putem convinge cu ajutorul figurei rate. A- stă mărime parentă cons- ituie fenome- nul de iradie- re care este datorit mici- lor cercuri de difuziune ce formează un fel de penum- bră pe margi- nele imaginei



retiniene, penumbră care nu se distinge de suprafa ţa albă din cauza legei fizico-psihice după care, senzaţia creşcînd mult mai încet de cît excitaţi

nu vom aprecia diferenţele între suprafaţa puternic luminată şi penumbra care o înconjoară.

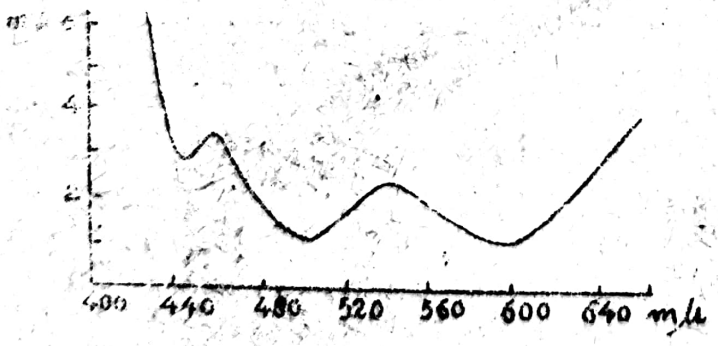
Percepţia culorilor. Senzaţiile de culoare se disting unele de altele prin trei calităţi şi anume
- tonul (coloritul) este proprietatea care caracterizează natura culorii considerate.

Toată varietatea diferitelor culori poate fi împărţită în două grupe:

a/. Culori acromatice (incolore). Din acestea fac parte toate nuanţele culorilor cenuşii împreună cu culorile alb şi negru. Ele nu se deosebesc între ele de cît prin cantitatea de raze reflectate, adică prin luminozitate.

b/. Culori cromatice (roş, galben, etc.). Ochiul uman are o gamă mică de percepere. Comparînd culorile cromatice între ele, se constată că unele sînt luminoase, iar altele întunecate. Cele mai luminoase sînt culorile galbene, iar cele mai întunecate, indigo şi violet.

Pentru a exprima precis capacitatea de a deosebi culorile se procedează astfel: se compară două porţiuni vecine ale unui spectru continu şi se observă cu cîţi mμ poate fi variată o regiune ce se compară, fără ca ochiul să observe diferenţa de culoare. Diferenţa maximă a lungimelor de undă în mμ poate caracteriza capacitatea de diferenţiere în regiunea spectrală dată. In fig. alăturată este dată curba de diferenţiere a ochiului obţinută astfel. Pe axa orizontală sînt indicate lungimele de undă, iar pe cea verticală diferenţele maxime admisibile ale lungimelor de undă pentru care ochiul nu observă încă diferenţe de culoare. Deşi curba are un aspect complicat ne dă totuşi o anumită bază împărţirii subiective a spectrului în culorile ştiute. Locul minimile şi maximile curbii ne indică limitele dintre culori. Astfel în jur de 445 mμ se găseşte limita între violet şi indigo, la 460 mμ între indigo şi albastru, etc. Inspre roşu nu s-au efectu



nu vom aprecia diferenţele între suprafaţa puternic luminată şi penumbra care o înconjoară.

Percepţia culorilor. Senzaţiile de culoare se disting unele de altele prin trei calităţi şi anume:

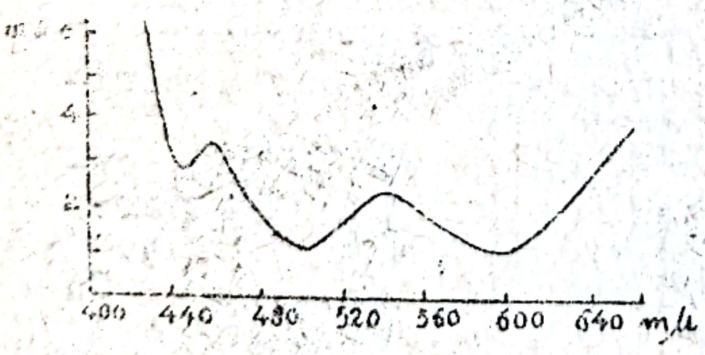
- tonul (coloritul) este proprietatea care caracterizează natura culorii considerate.

Toată varietatea diferitelor culori poate fi împărţită în două grupe:

a/. Culori acromatice (incolore). Din acestea fac parte toate nuanţele culorilor cenuşii împreună cu culorile alb şi negru. Ele nu se deosebesc între ele de cît prin cantitatea de raze reflectate, adică prin luminozitate.

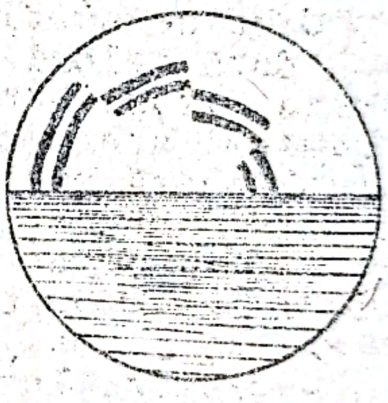
b/. Culori cromatice (roş, galben, etc.). Ochiul uman are o gamă mică de percepere. Comparînd culorile cromatice între ele, se constată că unele sînt luminoase, iar altele întunecate. Cele mai luminoase sînt culorile galbene, iar cele mai întunecate, indigo şi violet.

Pentru a exprima precis capacitatea de a deosebi culorile se procedează astfel: se compară două porţiuni vecine ale unui spectru continu şi se observă cu cîţi mμ poate fi variată o regiune ce se compară, fără ca ochiul să observe diferenţa de culoare. Diferenţa maximă a lungimelor de undă în mμ poate caracteriza capacitatea de diferenţiere în regiunea spectrală dată. In fig. alăturată este dată curba de diferenţiere a ochiului obţinută astfel. Pe axa orizontală sînt indicate lungimile de undă, iar pe cea verticală diferenţele maxime admisibile ale lungimelor de undă pentru care ochiul nu observă încă diferenţe de culoare. Deşi curba are un aspect complicat ne dă totuşi o anumită bază împărţirii subiective a spectrului în culorile ştiute. Punctele minimile şi maximile curbii ne indică limitele dintre culori. Astfel în jur de 445 mμ se găseşte limita între violet şi indigo, la 460 mμ între indigo şi albastru, etc. Inspre roşu nu s-au efectuat



lucrări. Capacitatea de a deosebi culorile o au numai conurile. La vederea crepusculară (cu bastonaşele) culorile din spectru dispar, totul apare albicios. Astfel se presupune că ochii cucuvaelor, liliecilor şi peştilor ce nu au conuri în retină, nu disting culorile.

Dar aceste caractere sînt foarte relative şi subiective: în timpul zilei luna nu poate fi deosebită de nori, stelele care sînt invizivile în timpul zilei, apar deosebit de strălucitoare pe fondul cerului. Culoarea nu este şi ea mai puţin înşelătoare. Deosebim culoarea albă şi neagră şi intermediara lor - culoarea cenuşie. Ni se pare că toate celelalte culori sînt principial diferite de acestea. În realitate diferenţa este în mare măsură subiectivă şi relativă, lucru de care ne putem convinge astfel: o jumătate a unui disc de carton alb, fixat pe o axă de lemn că o sfîrleazâ; se vopseşte cu vopsea neagră mată, de bună calitate. Pe a doua jumătate se vopsesc benzi circulare negre concentrice ca în figura alăturată (discul lui Benham). Dacă un astfel de disc este învîrtit şi luminat cu o lumină albă strălucitoare, în locul cercurilor concentrice cenuşii la care ne-am fi aşteptat, la o anumită viteză, apar pe disc cercuri colorate, e drept puţin saturate şi întunecate.



Deci din amestecarea negrului şi albului apar în anumite condiţii, imagini colorate.

- Intensitatea (strălucirea) reprezintă mărimea senzaţiei optice.

- Saturaţia exprimă stadiul de puritate a culorii. De ex. amestecînd alb sau negru cu o culoare oarecare cromatică, se obţin culori mai luminoase sau mai întunecate ale aceluiaşi ton de culoare. Cu cît fondul de culoare se deosebeşte mai puţin de culoarea cenuşie egală lui ca luminozitate, cu atît este mai mică saturaţia. Astfel gradul de deosebire a unei culori cromatice de una acromatică, egală cu ea ca luminozitate, se determină prin saturaţie. Culorile cele mai saturate există în spectru întrucît culorile spectrale nu conţin un amestec de alb. Totuşi saturaţia diferitelor culori spectrale este

diferită, cele galbene fiind mai puţin saturate decît cele albastre. Prin modificarea fondului colorat se schimbă deobicei şi saturaţia şi luminozitatea.

Fiecare din aceste calităţi depinde în acelaşi timp de factori fizici şi fiziologici.

Factorii fizici sînt: lungimea de undă a radiaţiei pentru ton, amplitudinea vibraţiei luminoase pentru intensitate şi omogenitatea radiaţiei pentru saturaţie.

Iată şi factorii fiziologici care intervin în producerea senzaţiilor luminoase. Se ştie că numai culorile spectrale sînt simple, în timp ce acelea ce ne parvin de la obiectele înconjurătoare sînt întotdeauna un amestec de mai multe radiaţii, căci obiectele luminate de lumina zilei, nu fac altceva de cît să retrimeată radiaţiile pe care le-au primit după o absorbţie parţială. Ele ne apar colorate atunci cînd absorb o parte din radiaţii mai mult de cît altele, în timp ce dacă difuzează în mod egal toate radiaţiile ne vor apare albe sau gris în funcţie de lumina pe care o trimet.

Cînd se studiază impresia rezultantă din fuziunea a două culori simple, se constată că se obţine o culoare diferită de cele două componente, dar care în general are tonul unei culori spectrale, adică nu se realizează nici o impresie colorată nouă. Există totuşi două excepţii de la această regulă:

- Purpura care rezultă din acţiunea simultană pe retină a roşului şi a violetului şi care este o culoare ce nu se găseşte în spectru.

- Sinteza luminii albe. Se ştie că prin combinarea de diverse culori se poate obţine culoarea albă, iar culorile care combinate ne pot da culoarea albă sînt numite culori complimentare. De ex. roşul cu verdele-albastru; portocaliul cu albastru închis; galbenul cu albastru-indigo; verdele cu roşu purpuriu; violetul cu galben-verde. Fiecare culoare are complimentarea sa în spectru, afară de verde. Ori culoarea complimentară verdelui este tocmai purpura.

Amestecul a două culori complimentare în proporţii diferite de acelea care dau albul, realizează o culoare care, în spectru, ocupă o poziţie intermediară între componente. Dar culoarea rezultantă se distinge de culoarea spectrală de acelaş ton prin aceea că este mai puţin saturată; se spune că este " spălată cu alb", înţelegîndu-se prin aceasta

că se capătă o culoare spectrală dar amestecată cu o oarecare proportie de apă. Deci culorile compuse sînt întotdeauna mai puţin saturate de cît culorile spectrale care au acelaş ton ca şi ele.

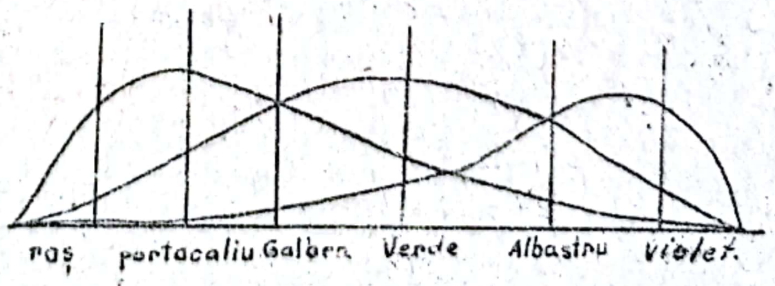
Combinarea razelor spectrale se numeşte amestec optic sau adiţional, întrucît în acest caz razele par a se aduna una cu alta. Trebuie însă deosebit amestecul substanţelor colorate, (amestecul de coloranţi, culori, filtre, etc.) de amestecul optic al culorilor. In primul caz o culoare poate să absoarbă mai mult sau mai puţin pe cealaltă, dînd naştere unei scăderi a culorilor, pe cînd în celălalt caz dacă se amestecă două radiaţii complimentare (de ex. raze galbene cu indigo) se obţine culoare albă; amestecul decolorant galben şi indigo dă naştere la culoarea verde.

Ochiul posedă o sensibilitate marcată la modificările ce survin în calitatea luminii, sensibilitate care depinde de mai multi factori:

- este maximă pentru o claritate medie, scăînd de o parte şi de alta;
- creşte cu adaptarea la întuneric ;
- creşte cu mărimea cîmpului vizual;
- depinde de zona retiniană, fiind mai mică la periferia ei;
- este mai coborîtă pentru vederea binoculară;
- este maximă pentru regiunea galben şi albastru a spectrului cînd poate fi percepută o diferenţă de lungime de undă de 1 mμ .

Numărul tonurilor diferenţiabile în general în spectrul atinge 128 (Jones).

Teoria culorilor. Faptul că se pot obţine toate senzaţiile de culoare plecînd de la trei culori aşa zise fundamentale: roşu, verde şi violet, este la baza unei teorii celebre a viziunii culorilor imaginată de Young (1802) şi e reluată de Helmholtz. După această teorie, există trei feluri de fibre nervoase dintre care, fiecare este specializată pentru vederea unei culori: roş, verde şi violet. Orice lumină ar provoca excitarea



simultană a celor trei feluri de fibre, dar în general în proporţii diferite, astfel ca senzaţia unei fibre să predomine asupra celorlalte. De ex. pentru culoarea portocaliu se excită mai mult fibrele pentru culoarea roş, mai puţin acelea pentru verde şi mai puţin cele pentru albastru-violet. Această teorie are meritul de a se sprijini pe existenţa culorilor fundamentale şi de a furniza o explicaţie simplă a fenomenelor de dyschromatopsie şi oboseală pentru unele culori, dar n-a primit încă confirmarea anatomică şi este în contradicţie cu faptul că este imposibil de a obţine printr-un amestec de culori simple, nuanţe ce egalează în saturaţie pe acelea din spectru.

Mai sînt multe alte teorii, dar nici una nu s-a impus ca cea de mai sus.

Ochiul deşi este un organ foarte sensibil, totuşi spre deosebire de ureche, nu are însuşirea de a descompune, de a analiza excitaţiile complexe ale culorii albe. La sunetul orchestrei urechea distinge tonurile separate emise de diferitele instrumente de oarece fibrele organului lui Corti intră în rezonanţă fiecare în parte, cu diferitele sunete. Celule cu conuri care se găsesc la extremităţile nervoase ale retinei, sînt sensibile la excitaţiile tuturor razelor luminoase aşa că ochiul datorită acestei structuri anatomice, nu are însuşirea de a analiza lumina.

Există unii indivizi ce au o percepţie mai mică pentru una sau mai multe culori, putînd chiar confunda culorile între ele. Deficientul de percepţie a culorilor poate îmbrăca forme foarte diferite. Astfel cînd lipsa viziunii se întinde pentru toate culorile sau o mare parte din ele, spunem că este achromatopsie, lucru care însă este excepţional. Cel mai adesea aceste leziuni, congenitale, se referă la un cuplu de culori, cum ar fi roş - verde (daltonismul) sau galben - albastru. În aceste cazuri vederea uneia dintre culori este suprimată, iar aceea a culorii complimentare este micşorată (discromatopsia).

Deci tulburările în ce priveşte vederea colorată, ăpar fie sub forma de scădere a proprietăţii de a deosebi tonurile colorate, fie sub forma unei acuităţi colorate parţiale sau foarte rar complecte. Cecitatea colorată parţială se observă mai des la

bărbaţi (4%). Destul de des, oameni care suferă de tulburările senzoriale colorate nu observă aceste insuficienţe ale vederii lor; de aceea o determinare pentru aprecierea corectă a culorilor este absolut necesară în unele profesiuni (marină, căi ferate, conducători auto). O metodă foarte simplă pentru a depista anomaliile viziunii colorate constă în a aşeza în faţa individului de cercetat un mare număr de eşantioane de mătase diverse colorate şi care prezintă toate stadile de saturare. Se alege o tentă pală (de ex, verde) şi rugăm să aleagă firele de aceiaşi culoare de saturări inegale. Se recunoaşte discromatopsia prin aceea că va plasa în jurul eşantionului, tente foarte disparate dar de intensităţi vecine. De ex. va alege lîngă verde clar , un roz clar, un galben clar, etc. O altă metodă constă în a alege discuri colorate pe care să le claseze punînd în aceiaşi linie discuri de aceiaşi culoare dar de saturări descrescînde. Indivizii care n-au o percepţie corectă vor face greşeli.

Pragul cromatic. Dacă creştem progresiv intensitatea unei lumini colorate, nu se percepe la început de cît o senzaţie incoloră, ca deabia atunci cînd sursa capătă o oarecare valoare a intensităţii să apară pragul cromatic. Deci trebue să distingem întîi un prag al intensităţii incolore şi apoi a celui cromatic, acestea fiind distanţate între ele mai mult sau mai puţin după culoarea considerată. Se numeşte interval fotocromatic raportul dintre intensitatea luminei ce dă pragul cromatic şi intensitatea pt. lumina incoloră. Dăm mai jos un tabel cu valorile acestui interval pt. diverse culori.:

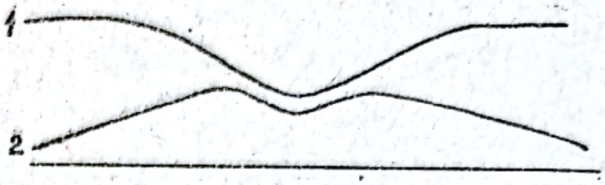
roş.....4; portocaliu....5,5; galben....9,6 verde...196; albastru....625. Ca şi pragul pt.lumina albă, pragul incolor scade mult prin adaptarea la întuneric, în timp ce pragul cromatic variază foarte puţin sub această influenţă, fapt care face ca intervalul cromatic să diminue cînd retina este adaptată la lumină. El devine atunci chiar, imperceptibil pentru lumina roşie.

Vederea culorilor necesită o durată de impresie mult mai mare decît senzaţia incoloră. Diferenţa de durate minime care dau aceste două senzaţii, este mult mai importantă pentru culoarea albastră decît pentru cea roşie.

In timp ce pragul incolor are în toată retina,

aceiaşi valoare, pragul cromatic creşte pe măsură ce ne depărtăm de pata galbenă, maximum de sensibilitate fiind pe marginile foveei.

Schema alăturată arată cum variază sensibilitatea retiniană pentru lumina brută (1) şi pentru culori (2) în regiunea petei galbene; se observă disociaţia netă între aceste două moduri de percepţie.



Deoarece sensibilitatea variază în sens invers cu pragul, schema ne arată că intervalul fotocromatic creşte mergînd spre periferia retinei.

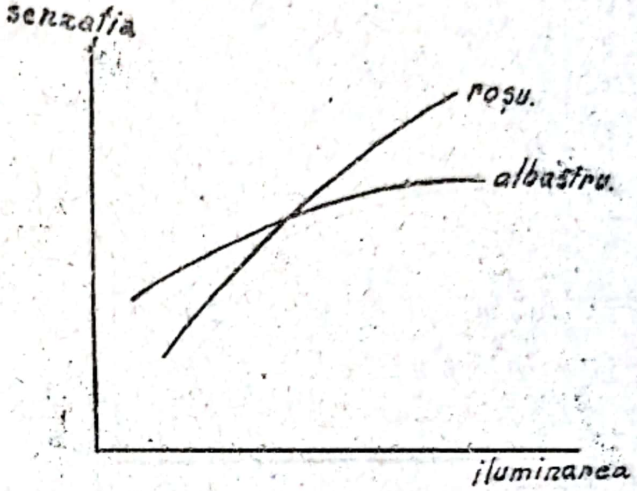
Această lipsă a sensibilităţii a părţilor excentrice a retinei se mai manifestă cînd se caută limitele cîmpului vizual la diferite culori. Am văzut că întinderea cîmpului variază, în condiţiile obişnuite de luminare, cu culoarea testului întrebuinţat, fiind cea mai mare pt. alb şi apoi descrescînd pt. albastru, roşu şi verde. Aceste limite însă, nu sînt decît relative şi depind de intensitatea luminei utilizate, căci operînd cu culori saturate a căror intensitate este foarte mare, se obţine pentru toate culorile, cîmpuri egale cu cel determinat pentru culoarea albă.

In unele intoxicaţii cum ar fi cea etilică sau tebegică, se observă o alterare a cîmpului visual ce debutează cel mai adesea cu culoarea verde.

Disociaţia dintre simţul luminos şi cel cromatic a condus la ipoteza că sînt unele elemente ale ochiului specializate pentru vederea culorilor. Se admite că conurile ar da pragul senzaţiilor de culoare, deoarece s-ar explica astfel de ce simţul culorilor şi acela al formelor descreşte în aceiaşi proporţie ca şi conurile, adică de la centrul spre periferia retinei. Din nenorocire însă, acest paralelism nu este perfect căci în centrul foveii, unde acuitatea vizuală este maximă, percepţia culorilor suferă o scădere foarte netă.

Influenţa intensităţii luminoase asupra percepţiei culorilor. O aceiaşi culoare dă senzaţii în funcţie de intensitatea sa. Ştim deja că dacă aceas-

tă intensitate este destul de slabă, senzaţia este aceia a unei lumini incolore. Odată apărută senzaţia de culoare, ea nu persistă cu acelaşi caractere pentru orice intensitate de lumină, căci dacă strălucirea sursei atinge valori foarte ridicate, impresia produsă este din nou cea a unei lumini slabe. Tot aşa, senzaţia nu variază în acelaşi fel, pentru diverse culori; ea creşte mult mai repede pentru roşu decît pentru albastru. Deoarece ochiul este mai sensibil la culoarea albastră decît la cea roşie la iluminări slabe, rezultă că orice luminare slabă va părea mai albastră decît este în realitate. De ex. lumina lunii care conţine proporţional mai mult roşu decît lumina soarelui, ne apare albastră din cauza intensităţii sale slabe. Invers, luminile albastre dau impresia de lumini slabe şi cele roşii par strălucitoare, procedeu foarte utilizat în teatru şi pictură.



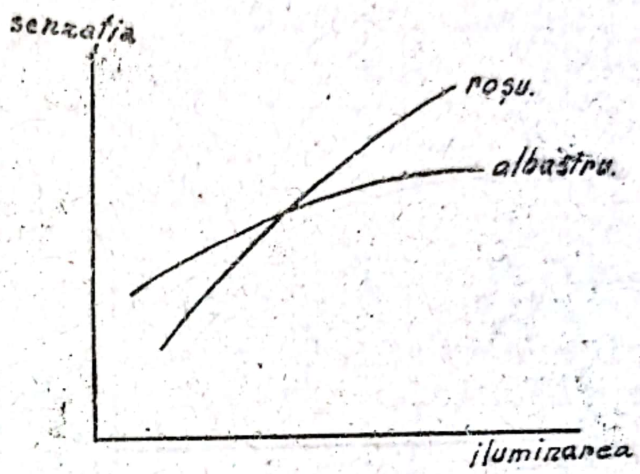
Acomodarea.

Acomodarea la distanţă.

Este proprietatea pe care o are ochiul de a vedea net imaginele mai mult sau mai puţin depărtate fără ca retina să se deplaseze. Ştim că pentru lentile distanţa de la imagine la lentilă variază în funcţie de distanţa de la obiect la lentilă; ori pentru ochi, indiferent de distanţa de la obiect la ochi, imaginea totdeauna trebuie să formeze la aceiaşi distanţă, adică pe retină (condiţia vederii clare). Înseamnă deci că se modifică mediul constituent al ochiului, fenomen care constituie tocmai acomodarea şi care este legat de o deformaţie a cristalinului a cărui feţe îşi modifică razele de curbură. Creşterea curburii cristalinului, adică proprietatea de acomodare nu se poate face nedefinit, ci între două limite :

- punctum remotum este punctul cel mai îndepărtat pe care ochiul poate să-l vadă clar în relaxarea totală a acomodării sale. El se găseşte pentru ochiul normal (emetrop) la infinit;

tă intensitate este destul de slabă, senzaţia este aceia a unei lumini incolore. Odată apărută senzaţia de culoare, ea nu persistă cu aceleaşi caractere pentru orice intensitate de lumină, căci dacă strălucirea sursei atinge valori foarte ridicate, impresia produsă este din nou cea a unei lumini slabe. Tot aşa, senzaţia nu variază în acelaşi fel, pentru diverse culori; ea creşte mult mai repede pentru roşu decît pentru albastru. Deoarece ochiul este mai sensibil la culoarea albastră decît la cea roşie la iluminări slabe, rezultă că orice luminare slabă va părea mai albastră decît este în realitate. De ex. lumina lunii care conţine proporţional mai mult roşu decît lumina soarelui, ne apare albastră din cauza intensităţii sale slabe. Invers, luminile albastre dau impresia de lumini slabe şi cele roşii par strălucitoare, procedeu foarte utilizat în teatru şi pictură.



Acomodarea.

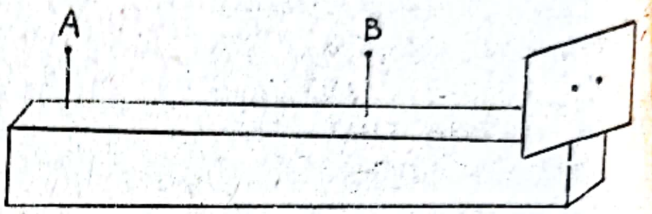
Acomodarea la distanţă.

Este proprietatea pe care o are ochiul de a vedea net imaginele mai mult sau mai puţin depărtate fără ca retina să se deplaseze. Stim că pentru lentile distanţa de la imagine la lentilă variază în funcţie de distanţa de la obiect la lentilă; ori pentru ochi, indiferent de distanţa de la obiect la ochi, imaginea totdeauna trebuie să formeze la aceiaşi distanţă, adică pe retină (condiţia vederii clare). Inseamnă deci că se modifică mediul constituent al ochiului, fenomen care constituie tocmai acomodarea şi care este legat de o deformaţie a cristalinului a cărui feţe îşi modifică razele de curbură. Creşterea curburii cristalinului, adică proprietatea de acomodare nu se poate face nedefinit, ci între două limite :

1. punctum remotum este punctul cel mai îndepărtat pe care ochiul poate să-l vadă clar în relaxare totală a acomodării sale. El se găseşte pentru ochiul normal (emetrop) la infinit;

- Punctum proximum este punctul cel mai apropiat pentru care ochiul poate vedea distinct un obiect punînd în joc acomodarea sa. Normal el se găseşte la 15 - 2o cm. de ochi însă variază în raport cu vîrsta.

Probă că ochiul se modifică pentru a vedea net obiecte situate la distanţe diferite, se poate demonstra prin experienţa lui Scheiner: se aşează în faţa ochiului pe o riglă două ace aşezate astfel pe aceiaşi linie dar la distanţe diferite de ochi. Privind prin două găuri aşezate la o distanţă de circa 2 mm. una de alta şi fixînd alternativ un ac sau celălalt, atunci cînd este fixat unul din ele, celălalt este văzut dublu. Deci ochiul nu poate vedea simultan la fel de bine două obiecte aşezate la distanţe diferite.



Acomodarea ţine de o modificare a dimensiunilor cristalinului deci de a puterii sale dioptrice, lucru care se poate demonstra prin experienţa lui Purkinje: se aşează la obscuritate, o lumînare în faţa ochiului. La nivelul pupilei apar trei imagini dintre care, cea mai vizibilă este cea furnizată de faţa anterioară a corneei. Alături mai apare una mai mare dar mai puţin strălucitoare dată de reflexia pe faţa anterioară a cristalinului şi în fine, o a treia mai mică dar mai luminoasă care este dată de faţa posterioară a cristalinului. Dacă subiectul care privea departe, va fixa un obiect apropiat, se constată că prima imagine nu se modifică, a treia foarte puţin iar cea de a doua devine mai strălucitoare şi mai mică, fapt care denotă o diminuare a razei de curbură a cristalinului şi o creştere a puterii sale dioptrice.

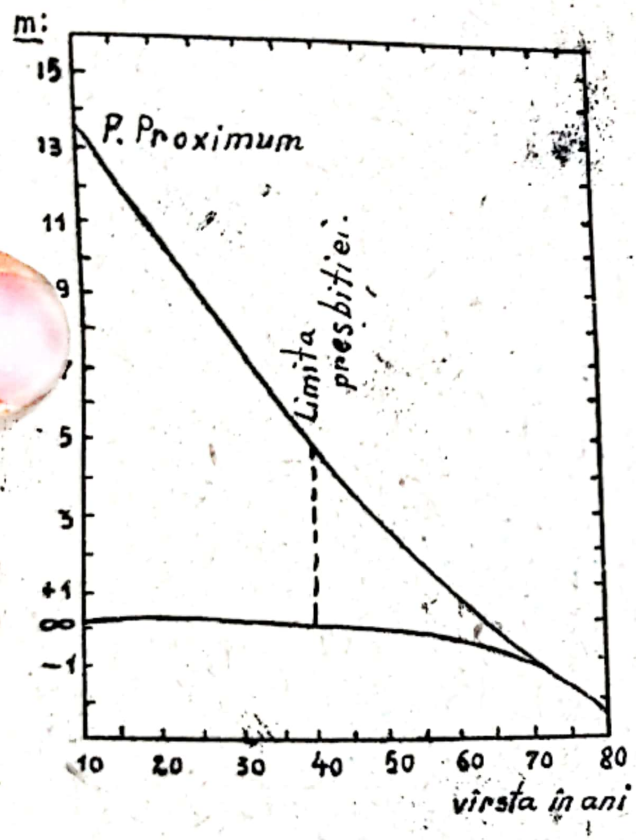
Amplitudinea acomodării se poate măsura astfel:

- apropiind progresiv de ochi un obiect (de ex. linii negre trasate pe un fond alb) pînă cînd liniile nu mai sînt văzute clar. În acest moment sîntem la punctum proximum;
- se determină lentila divergentă cea mai

puternică care permite subiectului de a vedea distinct un obiect aşezat la infinit (adică practic de la 5 m). Această lentilă are drept scop de a compensa excesul de convergenţă al ochiului produs de acomodare. Valoarea puterii lentilei ne va da valoarea în dioptrii a amplitudinei acomodării.

Amplitudinea acomodării scade cu vîrsta pînă la 60 ani cînd se anulează, aceasta din cauza lipsei progresive de elasticitate a cristalinului.

Figura alăturată ne arată variaţiile p.remotum şi acélea ale p.proximum în cursul existenţei pentru ochiul emetrop. Se constată că punctum proximum se depărtează în mod constant pe măsură ce individul îmbătrîneşte. Astfel, el este la infinit puţin după 60 de ani. De la această vîrstă el devine virtual. Ochiul la maximum de acomodare nu poate readuce pe retina sa decît un fascicol de raze ce converg deja spre un punct, p.proximum situat în spate. In ce priveşte p.remotum, el rămîne la infinit pînă aproape de 50 de ani, vîrstă de la care devine şi el virtual, cînd se spune că ochiul a devenit hipermetrop.



Amplitudinea acomodării se calculează uşor din curbele date în figura de mai sus cînd este suficient de a suprima ordonatele celor două curbe pentru o aceiaşi vîrstă şi afectînd cu un semn minus ordonatele de sub axa absciselor, pentru a obţine amplitudinea acomodării la acea vîrstă, exprimată în dioptrii.

Reacţia la lumină. Fenomenul constă în proprietatea ochiului de a se adapta la modificările de strălucire.

Se disting două feluri de adaptări:

- una nocturnă la trecerea de la o excitaţie luminoasă mai puternică la una mai slabă;
- alta diurnă, la procesul invers.

Precum se ştie, stratul vizual al retinei

se compune din două feluri de celule nervoase: bastonaşele care percep excitaţiile luminoase slabe (aparatul vizual pentru lumina crepusculară, foarte sensibil, este asemănător cu o fotografie simplă într-un singur ton, incoloră) şi conurile care percep excitaţiile luminoase puternice precum culoarea şi forma obiectelor(aparat pt. lumina zilei deci asemănător fotografiei în culori, dar puţin sensibil)

La o iluminare mijlocie retina fiind destul de bine luminată, purpura vizuală se află în stare de descompunere şi excitaţiile luminoase se percep numai prin conuri. Sensibilitatea la lumină a conurilor creşte la întuneric de zeci de ori, iar a bastonaşelor, deşi relativ încet, se măreşte de sute de mii de ori. Particolele de pigment negru care se găsesc în stratul extern al retinei, atenuiază lumina care ajunge pînă la conuri şi bastonaşe, apărîndule astfel de lumina intensă, orbitoare. La o iluminare foarte slabă, cînd asemenea apărare nu este necesară, pigmentul negru din stratul superior al retinei coboară treptat spre baza ei şi uşurează accesul luminei. Adaptarea lentă a ochiului se explică probabil prin trecerea treptată a granulelor de pigment negru spre baza retinei căci la trecerea de la o încăpere luminată la una întunecoasă sau slab luminată, ochii nu disting la început nimic, deoarece conurile nu reacţionează la excitaţii slabe, însă treptat, pe măsură ce purpura se reface în bastonaşe, ochii încep să distingă obiectele din mediul înconjurător. La aceasta contribuie şi dilatarea pupilei prin mărirea cantităţii de lumină proiectată asupra retinei. Procesul adaptării serale durează în întregime 40 - 50', deşi de fapt adaptarea durează tot timpul cît stăm la întuneric, însă se face într-un ritm extrem de lent.

Studiul atent al adaptării la întuneric a arătat că acesta se modifică sub influenţa unui şir întreg de fenomene care au loc în ochi ca şi sub influenţa unor acţiuni asupra celuilalt ochi. De ex. excitarea unui ochi cu o lumină albă, a provocat creşterea sensibilităţii celuilalt ochi, în timp ce acţiunea culorii roşii produce un efect invers. Culoarea galbenă are un efect mai puţin evident. Coborîrea capacităţii de adaptare s-a mai observat şi în alte cazuri: inaniţie, insuficienţă de aprovizionare cu oxigen, etc.

Adaptarea la lumină are loc în cazul cînd ochiul trece de la întuneric la lumină. In primul moment, chiar dacă lumina are o intensitate relativ slabă, ni se pare neobişnuit de vie. Diminuarea sensibilităţii în timpul adaptării la lumină se instalează rapid în trei - cinci minute, apoi devine mai lentă ca la urmă să atingă un nivel constant, ea fiind legată de dispariţia substanţei senzoriale din retină. Adaptarea la lumină se află în dependenţă directă de intensitatea excitaţiilor luminoase şi de durata acţiunii lor.

Modificarea sensibilităţii în funcţie de excitantul colorat, se numeşte adaptare colorată. Ea a fost studiată de Cravcov pentru razele roşii, verzi şi indigo violet. Razele indigo-violet provoacă cele mai mari modificări ale sensibilităţii, adică sînt cele mai obositoare pentru ochi, în timp ce razele verzi sînt cele mai puţin obositoare.

La o trecere bruscă de la o iluminare slabă la una puternică, intervine o fază de vedere slabă, căci purpura decolorîndu-se instantaneu, produce un dezechilibru în bastonaşe, iar excitaţia luminoasă prea puternică nu provoacă nici o reacţie din partea conurilor. Conurile încep să reacţioneze abia în momentul cînd, datorită contractării pupilei şi pătrunderii pigmentului negru din stratul celulelor pigmentare (ce sînt aşezate sub stratul celulelor cu conuri şi bastonaşe), excitaţia luminoasă scade pînă la o anumită valoare prag. Acest proces durează 3 - 10'.

Procesul adaptării ochiului în timpul căruia activitatea vizuală scade, are loc nu numai la treceri de la o intensitate luminoasă la alta, ci şi la trecerea privirii de la o suprafaţă la alta, divers luminate. Durata depinde de diferenţa dintre cele două intensităţi.

Cele expuse mai sus prezintă o importanţă igienică deosebită pentru menţinerea nivelului constant al adaptării ochiului în timpul muncii, aşa că pentru menţinerea activităţii normale a aparatului vizual se cere o iluminare anumită şi o strălucire uniformă în cîmpul vizual al muncitorului.

Cînd adaptarea la întuneric este tulburată avem hemeralopia (orbul găinilor).

Vederea binoculară.

Ochiul este un organ de formă sferică închis în

cavitatea orbitară care îi permite mişcări de rotaţie.

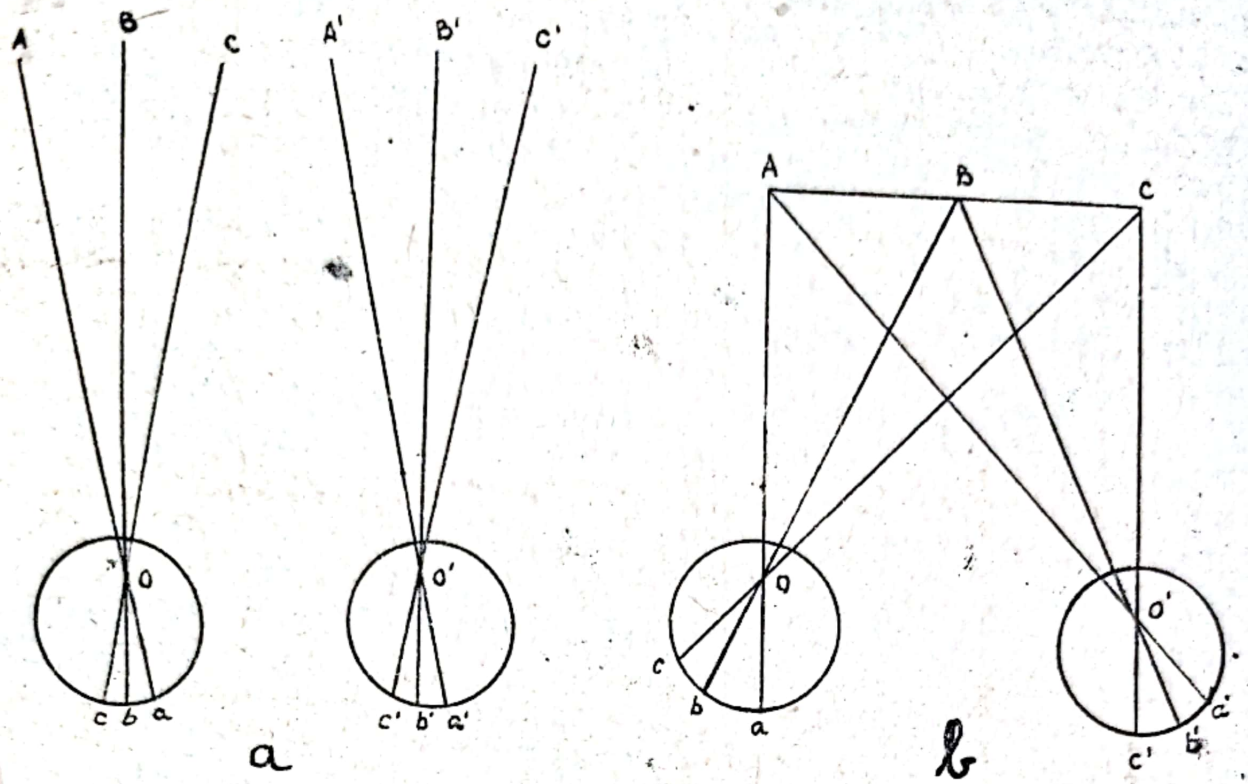
Centrul de rotaţie se găseşte la circa 13,5 mm în spatele vîrfului corneei şi coincide cu centrul geometric al caletei sferice ce este constituită de partea posterioară a globului ocular.

Mişcările ochiului sînt produse de mai mulţi muşchi perechi, fiecare pereche făcînd să se învîrtă ochiul în dreptul unei axe ce trece prin centrul său de rptaţie.

Cîmpul privirii se determină tot cu ajutorul perimetrului ca şi cîmpul vizual, cu deosebire că se menţine numai capul imobil şi se deplasează litere imprimate de la centru spre periferie, putînd mişca ochii, pînă cînd nu se mai pot percepe literele. Normal, cîmpul astfel determinat, are o formă aproape circulară, întinzîndu-se cu cca 45° în toate direcţiile, cu excepţia porţiunii infero-interne, unde prezintă o scobitură corespunzătoare nasului.

Imaginele celor doi ochi. In mod normal, vederea se face cu ambii ochi şi pentru a vedea distinct un obiect, trebuie să aducem în fiecare ochi imaginea sa în foseta centrală. Experienţa ne arată că deşi percepţia se face pentru două imagini, nu există de cît o singură impresie vizuală, de unde concluzia că avem facultatea de a asocia imaginile care se formează în fosetele centrale ale ambilor ochi, aşa că aceste puncte merită numirea de puncte corespondente. Dar în afară de punctele pe care le fixăm există o infinitate de alte puncte în spaţiu pe care cu ambii ochi le vedem simple. Dovada este faptul că putem vedea clar în acelaş timp o multime de stele. Deci şi punctele de pe retină pe care se formează imaginele acestora trebuie să fie considerate tot ca puncte corespondente.

Dacă se remarcă că axele optice sînt paralele între ele, pentru o aceiaşi stea de ex., se vede că imaginile retiniene abc şi a', b', c', sînt identice de unde rezultă că punctele corespondente sînt dispuse astfel încît, dacă presupunem că cele două retine sînt suprapuse, iar petele galbene coincid astfel cu meridianele verticale, punctele corespondente se întîlnesc unul cu altul (fig. a).



Dacă punctul fix ce este privit se apropie, celelalte puncte din spaţiu situate într-un acelaşi plan frontal nu se vor mai forma pe punctele corespondente ale retinei. Simpla privire a figurii de mai sus arată că imaginele abc şi a', b', c', nu mai sînt identice, iar diversele puncte A,B,C, nu pot fi privite simplu simultan (fig. b).

Se poate determina teoretic, care sînt punctele spaţiului, care, pentru o poziţie dată a ochilor, formează imaginele lor pe puncte corespondente ale retinei. Ansamblul acestor puncte constituie o suprafaţă destul de complicată numită horopter

Mişcările ochilor în vederea binoculară.

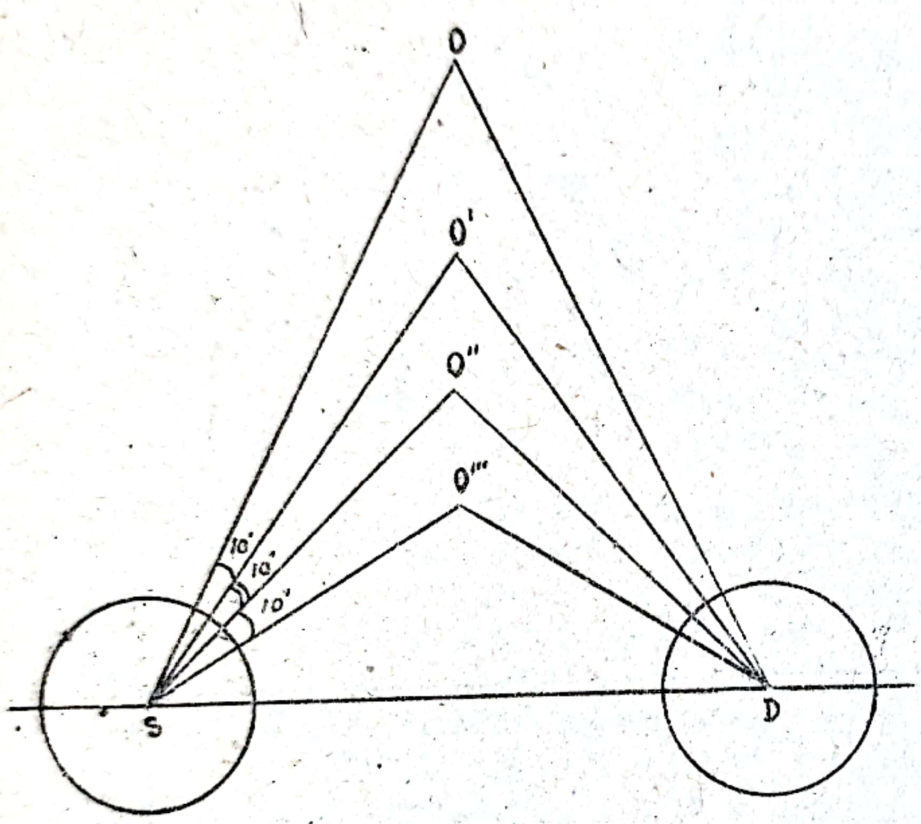
Printre mişcările extrem de variate pe care le pot executa ochii pentru a fixa binocular un obiect, două sînt mai importante: mişcările asociate şi de convergenţă.

Mişcările asociate sînt acelea care se produc ori de cîte ori urmărim cu ambii ochii un obiect care se deplasează. In acest caz, axele vizuale ale celor doi ochi sînt în permanenţă paralele între ele.

Mişcările de convergenţă sînt mişcările pe care trebuie să le facă ochii pentru a continua să

vadă net un obiect care se apropie în planul median. Cînd obiectul se depărtează, ochii trebuie să diminue convergenţa lor cînd se spune că execută o mişcare de convergenţă negativă sau de divergenţă relativă. Mişcările de divergenţă absolută, cum ar fi mişcările de rotaţie ale ochilor în jurul axului antero-posterior, sînt extrem de reduse.

Mişcările de convergenţă au o importanţă aparte în optică căci mai ales datorită lor putem aprecia distanţele. In adevăr, cu cît se apropie un obiect, cu atît trebuie să mărim efortul de convergenţă. Experienţa ne arată că la fiecare grad în efortul de convergenţă corespunde o distanţă oarecare faţă de punctul de examinat, aşa că senzaţia acestui efort ne va da o evaluare a distanţei. Acelaş lucru se întîmplă şi cu muşchii scheletici, cînd, după starea de tensiune a unui muşchi, ne putem da seama perfect de poziţia unui membru chiar în absenţa controlului vizual.



rebuie însă de remarcat că precizia acestei aprecieri nu este aceiaşi pentru orice distanţă, căci la variaţii egale ale convergenţei vor corespunde variaţii de distanţă cu atît mai mari cu cît ochiul priveşte mai departe. De unde consecinţa că evaluăm cu atît mai bine distanţele cu cît acestea sînt mai mici.

Măsurarea convergenţei. Se întrebuinţează adesea ca unitate de convergenţă, unghiul cu care trebuie să rotim fiecare ochi pentru a trece din fixarea la infinit, la fixarea unui punct situat la distanţa de 1 m. de planul median. Acest unghi este numit unghi metric şi are avantajul de a stabili o simetrie între măsurarea convergenţei şi a acomodării.

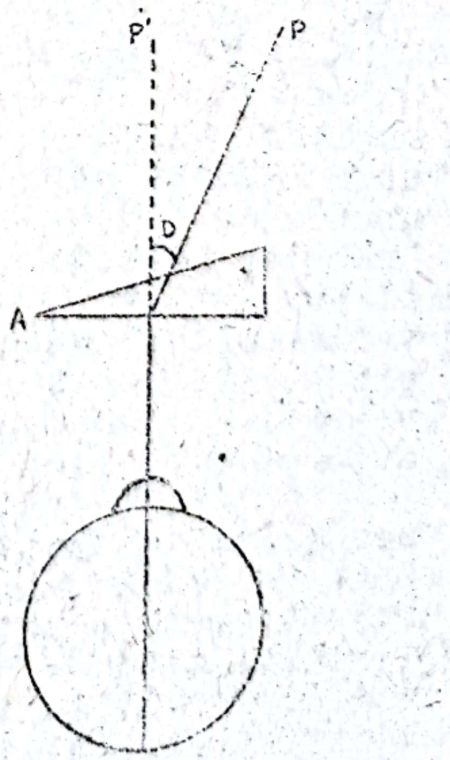
în adevăr, din cauza micimii unghiurilor de măsurat, ele pot fi confundate cu tangenţa lor. Astfel două unghiuri metrice vor corespunde la fixarea unui punct situat la 1/2 m. ; 3 unghiuri metrice la un punct situat la 1/3 m. , etc. Ori pentru un ochi emetrop, acomodarea va trece simultan de la o dioptrie pentru vederea la 1 m., la 2 dioptrii la vederea pentru 1/2 m., etc. Se pot chiar defini un p.proximum şi unul remotum de convergenţă, ca şi o amplitudine de convergenţă analoagă amplitudinei acomodării.

Această unitate de convergenţă are însă şi un dezavantaj teoretic: unghiul metric variază cu depărtarea centrelor de rotaţie a ochilor la diverse subiecte (numită linia de bază). Astfel la copil, la o linie de bază de 58 mm. , unghiul metric este de 10o', iar la adult la o linie de bază de 64 mm., unghiul metric este de 11o'. Aceste variaţii în realitate sînt prea mici pentru a diminua valoarea practică a unghiului metric.

Măsurarea amplitudinei de convergenţă. Se poate face în două moduri:

- apropiind de individul de examinat un obiect pînă cînd acesta nu mai este văzut clar cu ambii ochi. Metoda nu este de aplicat cînd p.remotum de convergenţă corespunde unei poziţii de divergenţă a ochilor.

- Cu ajutorul prizmelor. Se ştie că privind un obiect prin intermediul unei prisme, se observă că ne pare deviat spre vîrful prizmei, lucru care este o consecinţă a faptului fizic după care, raza luminoasă este deviată spre baza prizmei, dar că ni se pare că obiectele se localizează în direcţia prelungirii axei vizuale. Unghiul de deviaţie (D) are o mărime ce variază cu unghiul prizmei şi cu materialul din care este făcută ea. Pentru sticle obişnuite şi cu unghiuri de mică valoare, deviaţia este egală cu jumătatea unghiului prizmei.



Iată cum se poate măsura amplitudinea de convergenţă cu ajutorul prizmelor: p.remotum

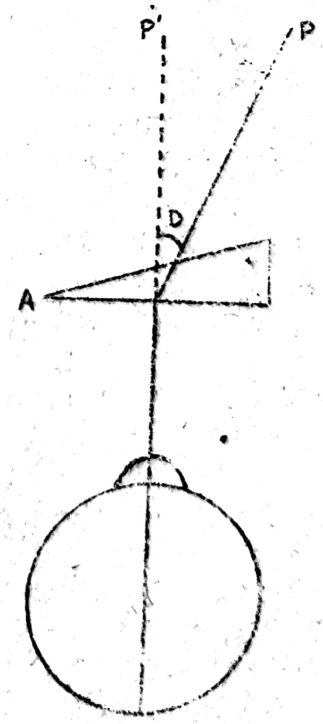
la adevăr, din cauza micimii unghiurilor de măsurat, ele pot fi confundate cu tangenţa lor. Astfel două unghiuri metrice vor corespunde la fixarea unui punct situat la 1/2 m. ; 3 unghiuri metrice la un punct situat la 1/3 m. , etc. Ori pentru un ochi emetrop, acomodarea va trece simultan de la o dioptrie pentru vederea la 1 m., la 2 dioptrii la vederea pentru 1/2 m., etc. Se pot chiar defini un p.proximum şi unul remotum de convergenţă, ca şi o amplitudine de convergenţă analoagă amplitudinei acomodării.

Această unitate de convergenţă are însă şi un dezavantaj teoretic: unghiul metric variază cu depărtarea centrelor de rotaţie a ochilor la diverse subiecte (numită linia de bază). Astfel la copil, la o linie de bază de 58 mm. , unghiul metric este de 1oo', iar la adult la o linie de bază de 64 mm., unghiul metric este de 11o'. Aceste variaţii în realitate sînt prea mici pentru a diminua valoarea practică a unghiului metric.

Măsurarea amplitudinei de convergenţă. Se poate face în două moduri:

- apropiind de individul de examinat un obiect pînă cînd acesta nu mai este văzut clar cu ambii ochi. Metoda nu este de aplicat cînd p.remotum de convergenţă corespunde unei poziţii de divergenţă a ochilor.

- Cu ajutorul prizmelor. Se ştie că privind un obiect prin intermediul unei prisme, se observă că ne pare deviat spre vîrful prizmei, lucru care este o consecinţă a faptului fizic după care, raza luminoasă este deviata spre baza prizmei, dar că ni se pare că obiectele se localizează în direcţia prelungirii axei vizuale. Unghiul de deviaţie (D) are o mărime ce variază cu unghiul prizmei şi cu materialul din care este făcută ea. Pentru sticle obişnuite şi cu unghiuri de mică valoare, deviaţia este egală cu jumătatea unghiului prizmei.

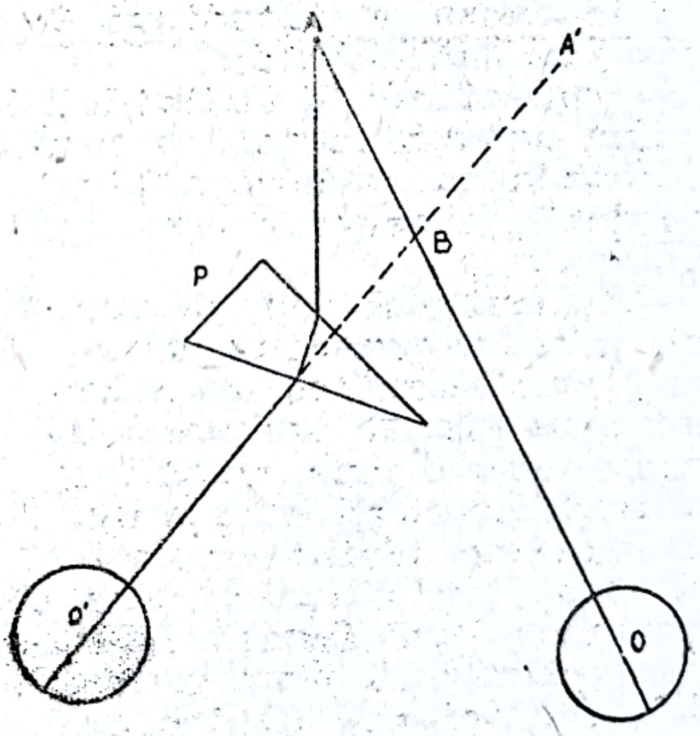


Iată cum se poate măsura amplitudinea de convergenţă cu ajutorul prizmelor: p.remotum

de convergenţă se măsoară cu prizmele cele mai puternice şi cu baza spre interior, care permit unui subiect de a vedea binocular un obiect situat la infinit. P. proximum se măsoară la fel numai cu prizme cu baza spre exterior.

In practică în loc de a aşeza cîte o prizmă în faţa fiecărui ochi, se aşează o singură prizmă înaintea unui singur ochi. Dacă efectul său se va împărţi în mod egal între cei doi ochi, va fi suficient de a împărţi la doi unghiul de deviaţie al acestei prizme, pentru a cunoaşte acţiunea sa deviatrice asupra fiecărei dintre liniile vizuale.

Relaţia dintre convergenţă şi acomodare. In vederea binoculară normală, există o relaţie strînsă între convergenţă şi acomodare, amîndouă crescînd cînd obiectul se apropie şi invers. Această relaţie poate fi totuşi modificată în diverse feluri; de ex. dacă aşezăm o prizmă ce nu are un unghi prea mare în faţa unui ochi, vederea binoculară se tulbură mai întîi ca apoi să se restabilească după cîteva momente. In acest timp ochiul în faţa căruia am aşezat prizma şi a modificat convergenţa sa pentru ca imaginea punctului fixat să se formeze pe fovee. Dar în acest caz relaţia normală dintre convergenţă şi acomodare este ruptă căci ochii acomodează pentru distanţa punctului A fixat, atunci cînd ei converg pentru distanţa punctului B situat la intersecţia celor două axe vizuale. In caz de ametropie, relaţia dintre convergenţă şi acomodare este diferită de cea normală. Un miop va acomoda mai puţin decît un emetrop pentru un acelaş grad de convergenţă, iar hipermetropul va acomoda mai mult.



Fortul lentilelor corectoare va schimba dea-

semeni raporturile care s-au stabilit prin obişnuinţă între aceste două funcţii, din care cauză ochelarii sînt suportaţi greu la început, trebuind de multe ori de a proceda progresiv cu lentilele din ce în ce mai puternice pentru a fi o corecţie complectă.

Strabismul este o tulburare care constă în aceea că axele optice nu conver în acelaş punct, el putînd fi convergent sau divergent.

Unghiul de strabism este unghiul format de axa optică a ochiului deviat şi dreapta care uneşte punctul fixat cu centrul optic al aceluiaşi ochi. Acest unghi se poate măsura cel mai uşor astfel: se aşează ochiul deviat în centrul perimetrului, făcînd să fie fixat de ochiul director, cercul acului gradat. Pe plimbă apoi o lumînare în lungul acestui arc pînă cînd imaginea sursei de lumină vine să se formeze în centrul pupilei. Lumînarea se va găsi atunci pe axa optică a ochiului deviat şi poziţia sa pe arcul gradat ne dă imediat unghiul de strabism.

Percepţia reliefului.

Cunoaşterea pe care o avem despre lumea exterioară este dată de diverse cercetări cu ajutorul cărora apreciem dispoziţia şi profunzimea obiectelor înconjurătoare. Să vedem care sînt elementele percepţiei reliefului ce le putem căpăta cu ajutorul unui singur ochi:

- Perspectiva liniară este o constatare banală care constă în aceea că atunci cînd două corpuri se găsesc în aceiaşi direcţie a privirii, obiectul cel mai apropiat ne pare mai mare, mascînd în parte obiectul mai îndepărtat. Astfel ne putem da seama de distanţa care separă diverse obiecte între ele.

- Perspectiva aeriană. Obiectele mai depărtate dintr-un peisaj ne par mai puţin nete şi scăldate într-un fel de ceaţă albăstruie care este datorită absorbţiei radiaţilor cu o mare lungime de undă, de către atmosferă.

- Umbrele proiectate ne indică care sînt punctele din spaţiu ce nu primesc direct lumină, lucru de mare importanţă pentru perceptia în relief a obiectelor ce sînt privite monocular, căci se ştie că dacă umbrim convenabil suprafaţa unui cerc, dăm imediat aparenţa unei sfere.

- Unghiul vizual ne dă date utile.

- Acomodarea pe care trebuie s-o punem în joc pentru a avea o vedere netă a obiectelor apropiate, ne dă o imagine grosieră a distanţelor.

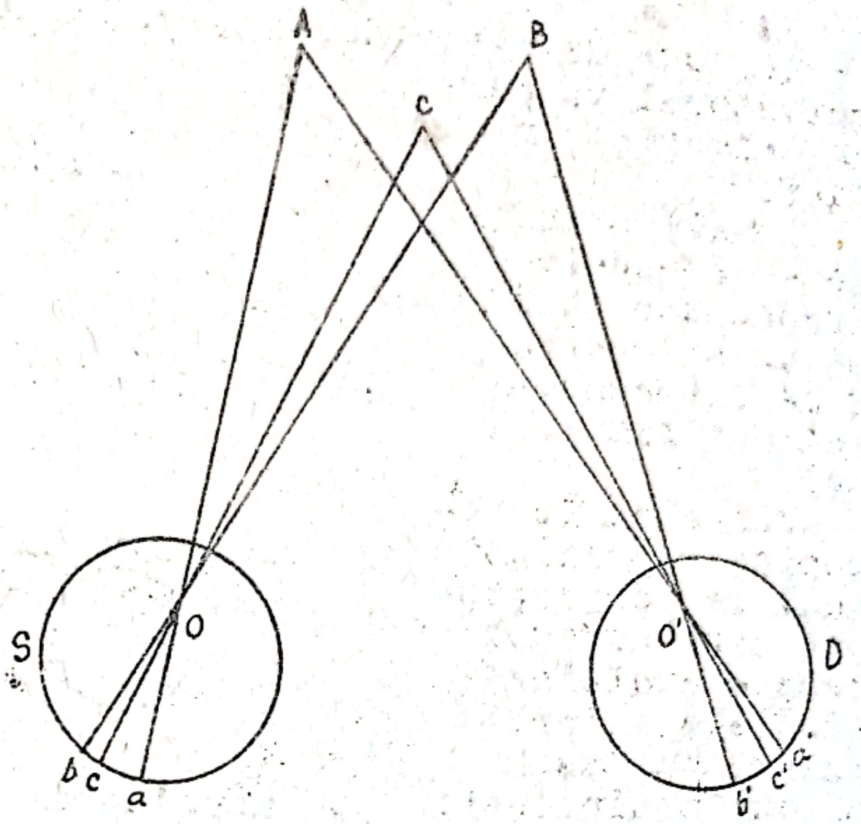
- Deplasările relative pe care le prezintă obiectele inegal depărtate cînd ne deplasăm, formează un criteriu important în determinarea distanţelor. In aceste condiţiuni obiectele mai depărtate par că se mişcă în acelaş sens cu ochiul, în timp ce acelea mai apropiate par că se mişcă în sens invers.

Deşi noi putem percepe bine distanţele cu un singur ochi, vederea binoculară ne permite de a evalua cu exactitate lungimele în profunzime şi de a aprecia just forma obiectelor, Vederea binoculară intervine prin doi factori:

a/.- variaţiile de convergenţă. Am văzut că gradul de convergenţă a ochilor variază după depărtarea obiectului fixat, aşa că dacă lăsăm ochii să se plimbe pe puncte inegal depărtate ale unui acelaşi obiect, luăm cunoştinţă de relieful său prin interpretarea variaţiilor de convergenţă ale ochilor. Ori cum efectiv în vederea curentă, privirea este în incontinuă mişcare, această "palpare optică" trebuie să constituie un element foarte important pentru vederea în relief.

b/.- Nepotrivirile imaginilor retiniene. Experienţa ne arată că atunci cînd luminăm un obiect un timp extrem de scurt cu o sursă de lumină care nu permite o deplasare apreciabilă a ochilor, noţiunea reliefului persistă. Trebuie deci să căutăm însăşi în imaginele retiniene, cauza reliefului, cauză care rezultă din diferenţa dintre imaginele date de cei doi ochi. Să presupunem un obiect format din trei puncte.(A,B şi C) dintre cari, punctul C se găseşte înaintea celorlalte două. Vom obţine imaginile retiene ale acestor puncte dacă le unim cu centrele optice O şi O' ale celor doi ochi şi dacă prelungim dreptele obţinute pînă la retine. Vom căpăta pentru ochiul stîng, imaginele a,b şi c, iar pentru cel drept, imaginile a', b', c'. Se vede imediat că dispoziţia acestor puncte nu este identică de ambele părţi, căci la stînga punctul c este mai aproape de b decît de a, iar la dreapta c' este mai depărtat de b' de cît de a'. Imaginile acestor puncte nu se pot face deci în puncte corespondente. Totuşi în acest caz vederea este simplă aşa că trebuie să conchidem că teoria punctelor corespondente nu se apică în cazul vederii în relief. Pentru ca să nu fie diplopie ci vedere în relief, trebuie ca imaginile retiniene ale punctelor privite să nu fie

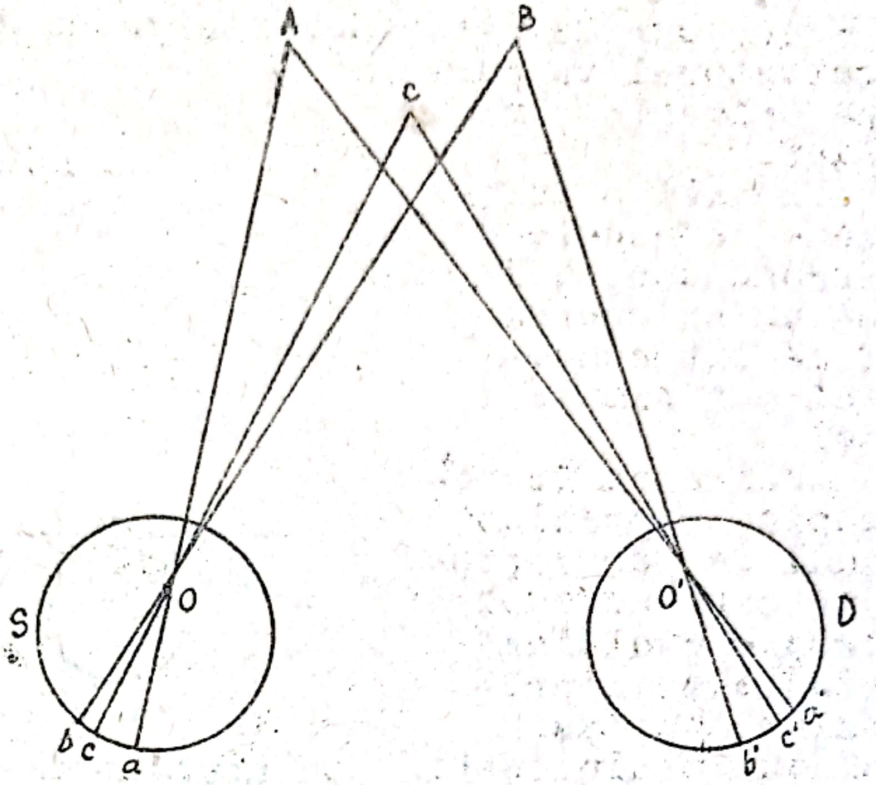
prea îndepărtate de punctele corespondente. Dacă aşezăm un creion în direcţia privirii şi destul de aproape de figură, noi nu vom putea vedea extremităţile sale simultan la fel de simplu, pentrucă nu putem face să fuzioneze imagini retiniene prea deosebite (nepotrivite).



Stereoscopul este un aparat care ne dă o reprezentare în relief a spaţiului prin producerea pe cele două retine a două imagini diferite, dar convenabil alese. Pentru a-i cunoaşte bine principiul să presupunem că aşezăm o lamă de sticlă înaintea fiecărui ochi care împreună privesc o imagine în relief (A, B, C din figura de mai sus). Apoi să însemnăm pe fiecare sticlă, printr-un vîrf ascuţit, locurile în care axele vizuale ale lui A, B şi C întîlnesc suprafaţa sticlei. Vom avea astfel trei puncte pentru ochiul stîng şi trei pentru cel drept. Dacă apoi suprimăm obiectul A, B, C lăsînd sticlele pe loc şi aranjînd astfel ca pentru fiecare ochi să nu vedem de cît sticla din faţa lui, nu va fi nimic schimbat din poziţia imaginilor retiniene, subiectul avînd ca şi în cazul precedent, percepţia în relief a obiectului A, B, C.

Un stereoscop se realizează astfel: un subiect priveşte două ecrane (E şi E') prin intermediul a două deschideri (O şi O') aşezate în faţa fiecărui ochi. Graţie unui perete separator (D - D') fiecare ochi priveşte numai ecranul din partea corespunzătoare. Dacă aşezăm în E şi în E' două fotografii ale aceluiaşi desen dar luate din două puncte diferite ale spaţiului şi dacă le aşezăm la o distanţă

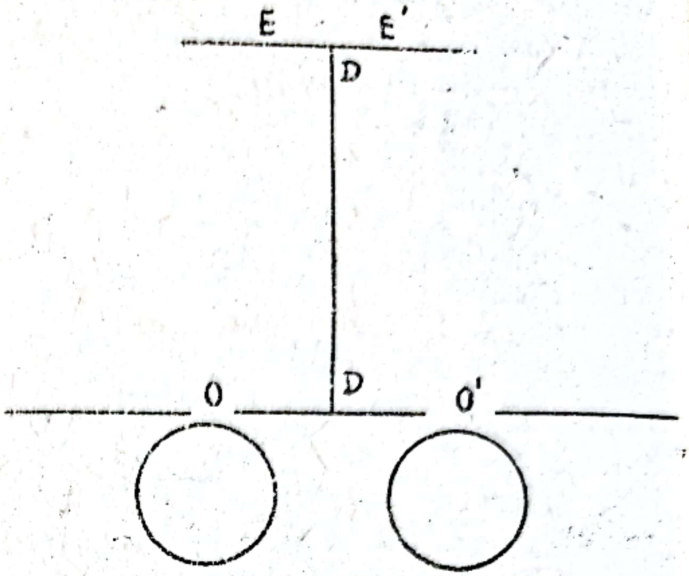
prea îndepărtate de punctele corespondente. Dacă aşezăm un creion în direcţia privirii şi destul de aproape de figură, noi nu vom putea vedea extremităţile sale simultan la fel de simplu, pentrucă nu putem face să fuzioneze imagini retiniene prea deosebite (nepotrivite).



Stereoscopul este un aparat care ne dă o reprezentare în relief a spaţiului prin producerea pe cele două retine a două imagini diferite, dar convenabil alese. Pentru a-i cunoaşte bine principiul să presupunem că aşezăm o lamă de sticlă înaintea fiecărui ochi care împreună privesc o imagine în relief (A,B,C din figura de mai sus). Apoi să însemnăm pe fiecare sticlă, printr-un vîrf ascuţit, locurile în care axele vizuale ale lui A,B şi C întîlnesc suprafaţa sticlei. Vom avea astfel trei puncte pentru ochiul stîng şi trei pentru cel drept. Dacă apoi suprimăm obiectul A, B,C lăsînd sticlele pe loc şi aranjînd astfel ca pentru fiecare ochi să nu vedem de cît sticla din faţa lui, nu va fi nimic schimbat din poziţia imaginilor retiniene, subiectul avînd ca şi în cazul precedent, perceptia în relief a obiectului A,B,C.

Un stereoscop se realizează astfel: un subiect priveşte două ecrane (E şi E') prin intermediul a două deschideri (O şi O') aşezate în faţa fiecărui ochi. Graţie unui perete separator (D - D') fiecare ochi priveşte numai ecranul din partea corespunzătoare. Dacă aşezăm în E şi în E' două fotografii ale aceluiaşi desen dar luate din două puncte diferite ale spaţiului şi dacă le aşezăm la o distanţă

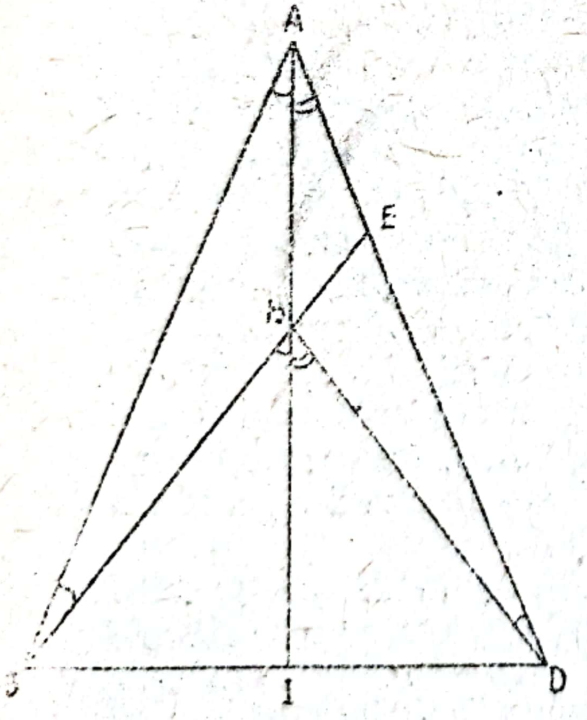
de 6 cm. una de alta (depărtarea dintre pupile), observatorul va percepe o imagine în relief.



Există o infinitate de modele de stereoscoape, noi însă nu am prezentat de cît schema celei mai simplu model.

Acuitatea stereoscopica reprezintă gradul de perfecţiune cu care un subiect oarecare evaluiază distanţele în profunzime. Tot aşa după cum ochiul defineşte acuitatea vizuală în funcţie de unghiul limită, tot aşa acuitatea stereoscopică se defineşte prin unghiul numit paralaxa stereoscopică limită.

Acest unghi reprezintă suma unghiurilor cu care se învîrt în sens invers cei doi ochi, cînd fixează succesiv două puncte egal depărtate. De ex. dacă considerăm doi ochi (D,S) ce fixează succesiv punctele A şi B, paralaxa stereoscopică (P) va fi egală cu:



$$P = SBD - SAD = \frac{d}{v} - \frac{d}{v+e} = \frac{de}{v(v+e)}$$

formula în care SD=d; BI=v şi AB=i.

Din această formulă rezultă că paralaxa va fi cu atît mai mare cu cît:

- distanţa interpupilară (d) va fi mai mare;
- cu cît distanţa (v) este mai mică;
- cu cît depărtarea dintre două puncte (e) sau profunzimea obiectului considerat, este mai mare.

Paralaxa limită corespunde celei mai mici gro-

simi pe care o poate percepe un individ şi ea are mare importanţă în unele servicii cum ar fi la medicii radiologi (pentru aprecierea grosimilor într-o radiografie) la telemetrişti, la piloţii de avion, etc.

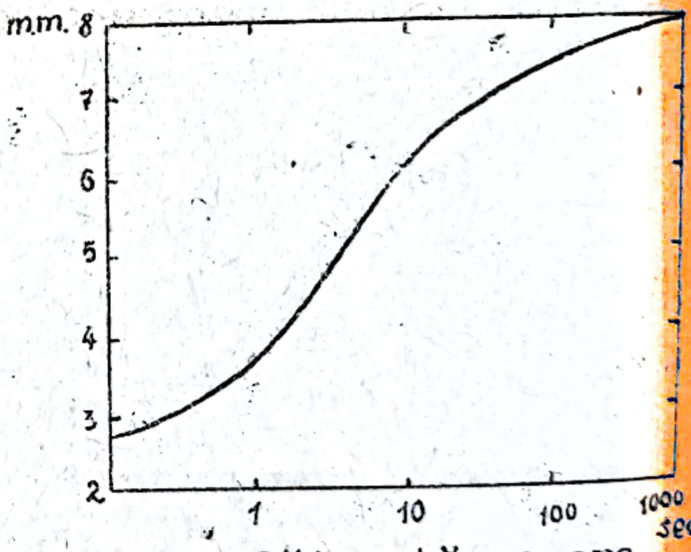
Această calitate particulară a vederii se determină cel mai bine cu ajutorul testelor stereoscopice care printre multe alte metode, au avantajul de a permite explorarea simţului stereoscopic în condiţii foarte variate şi dacă aparatul este corect construit, într-un fel ce se apropie foarte mult de realitate- Testele utilizate reproduc două obiecte: unul principal şi unul accesoriu, dintre care cel din urmă prezintă în raport cu cel principal, o mică diferenţă de depărtare pe care trebuie să o aprecieze subiectul de cercetat, în vederea stereoscopică. Unghiul paralactic corespunzător celei mai mici depărtări pe care o percepe, reprezintă acuitatea stereoscopică.

La indivizii ne antrenaţi, această acuitate este de circa 30" , dar poate scădea la jumătatea acestei valori şi chiar şi mai puţin după un antrenament în această privinţă.

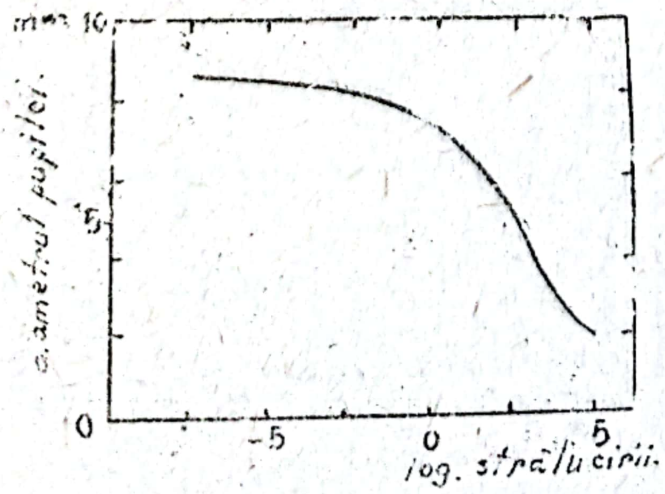
Fiziologia iluminării

Complexul mecanism al perceperii luminoase ne dovedeşte că ochiul este rezultatul unui proces biologic de lungă durată în care timp el s-a tot modificat sub influenţa mediului extern pentru o cît mai bună adaptare la lumină. În adevăr s-a constatat adaptarea ochiului atît la modificările de intensitate luminoasă, cît şi la compoziţia calitativă a însăşi luminii solare.

In zilele cu soare intens, luminozitate poate atinge 100.000 luxi; într-o noapte cu lună ajunge pînă la 0,1 lux, iar în întuneric ochiul trebuie să fie adaptat să distingă o lumină mult mai slabă, dispersată de corpurile înconjurătoare, cînd intensitatea luminoasă ajunge deabia la cîteva milionimi de luminare. Ochiul realizează această adaptare prin jocul pupilei în raport cu gradul de intensitate luminoasă. Astfel la creşterea luminozităţii pupila se micşorează datorită muşchilor ciliari, imitînd diametru fascicolului luminos ce pătrunde în ochi, astfel că retina este apărată de prisosul de lumină incidentă. Cînd iluminarea scade, pupila se dilată şi cantitatea de lumină ce pătrunde în ochi, se măreşte. Normal diametru pupilar este de 4 mm., ajungînd la 8 mm. la o iluminare slabă şi diminuînd pînă la 2 mm. la o iluminare puternică. In figura alăturată se arată variaţia în timp a diametrului pupilei după trecerea dintr-o încăpere bine luminată în una întunecată.



Suprafaţa pupilei se poate mări şi micşora de 16 ori, aşa că ochiul poate regla în limite relativ mari; pătrunderea luminei.



Dar diametrul pupilar variază lent în timp şi această variaţie este complet insuficientă pentru compensarea variaţiei iluminărilor cu care are de face ochiul, aşa că pentru adaptare există şi o altă posibilitate mult mai sensibilă: sensibilitatea retinei care variază în funcţie de iluminare.

Să vedem cum este adaptat ochiul la compoziţia spectrală a luminii. Si ştim că u.e.m. au lungimi de undă foarte diferite între care ochiul percepe numai o mică gamă. Biologic faptul se explică prin aceea că cele mai scurte unde radiate de soare (pînă la o,29μ) sînt absorbite de ozonul din atmosferă şi nu ajung deci la suprafaţa pămîntului Aşa că o adaptare pentru raze cu o lungime de undă mai mică ar fi fost inutilă. Pe de altă parte se ştie că în majoritatea cazurilor, u.e.m. scurte au o puternică acţiune fotochimică şi sînt capabile să distrugă multe substanţe organice. Retina ochiului este ea însăşi foarte sensibilă la lungimi de undă sub o,29μ , dar aceste raze sînt puternic absorbite de cristalin şi nu ajung pînă la retină; cristalinul astfel nu numai formează imaginile obiectelor pe retină, dar o şi apără de undele scurte cu o lungime mai mică de o,4 μ . Existenţa celeilalte limite se explică tot aşa de uşor: ştim că toate corpurile la orice temperatură, au proprietatea de iradiere, iar iradierea corpurilor puţin încălzite corespunde cu partea infra-roşie a spectrului. Dacă presupunem că ochiul uman ar fi devenit sensibil la razele infra-roşii tot aşa ca şi la lumina vizibilă, ar urma ca în urma acestui fapt să vedem numai cavitatea internă a ochiului şi nimic mai mult. In adevăr, temperatura corpului şi a cavităţii ochiului este de circa 37°. Energia radiantă a cavităţii interne a ochiului (după cum rezultă din calcularea radiaţiei termice) corespunde la o,2 calorii; dacă această lumină invizibilă i.r. ar fi devenit vizibilă, atunci radierea ar fi echivalentă cu 5.000. ooo. de lumînări, astfel că lumina internă nu ne-ar da posibilitatea să vedem lumina soarelui şi a corpului care ne înconjoară.

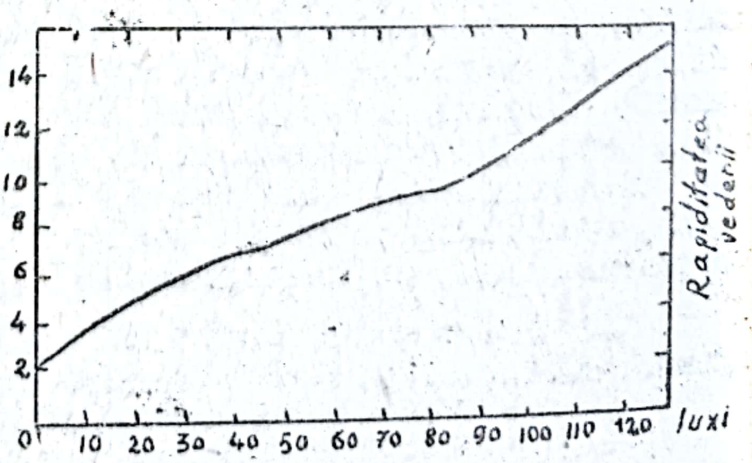
Să trecem pe scurt în revistă, condiţiile de igienă din p.d.v. optico-fiziologic.

Cu vechile surse de lumină (lămpile de gaz)

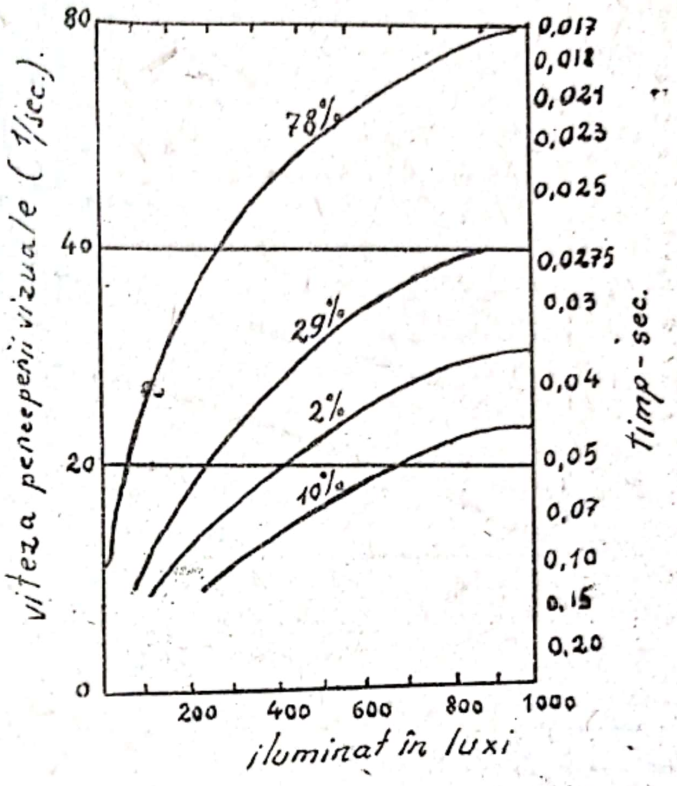
lumea era preocupată numai de vicierea atmosferei de gazele de combustie, ceea ce nu se produce cu sursele moderne de lumină. Sursele artificiale actuale pot fi nocive prin compoziţia lor spectrală căci atunci cînd lumina este bogată în r.u.v., există pericolul actinodermitelor şi a conjunctivitelor oculare. Pe de altă parte, sursele ce conţin multe raze i.r. provoacă fenomene congestive ce duc la o oarecare oboseală. Dar în afara de aceste cazuri, de altfel rare, se poate spune că este de o importanţă secundară calitatea luminii. Este bine însă din motive estetice, de a evita întrebuinţarea luminilor foarte colorate care alterează culorile obişnuite ale obiectelor. Aşa de exemplu lumina lipsită de culoarea roşie (lumina lămpii cu vapori de mercur) dă pielei o tentă cadaverică. Tot aşa cînd este vorba de a distinge nuanţe slabe între obiecte colorate diferit, trebuie să alegem o iluminare cît mai apropiată de aceea a luminii zilei, ceea ce se poate realiza punînd ecrane albăstrui la lămpile electrice. Dar în ce priveşte capacitatea de lucru nu s-a putut pune în evidenţă pînă în prezent nici o diferenţă apreciabilă în funcţie de compoziţia spectrală a diverselor surse luminoase.

Din contra, strălucirea imaginei retiniene prezintă o importanţă extrem de mare în ce priveşte uşurinţa cu care se fac diversele acte ale vederii precum şi urmările pe care această strălucire le pot produce:

- am văzut deja că acuitatea vizuală creşte mult cu strălucirea pînă la lo luxi şi destul de puţin de la această valoare în sus. Pentru contraste mari de culori, acuitatea creşte pînă la 5o - 75 luxi, iar pentru unele contraste mici pînă la 2oo luxi. Dacă este vorba de operaţii mai complexe decît puterea separatoare a ochiului, cîştigul obţinut prin creşterea strălucirii, este încă mai considerabil.



- In funcţie de strălucire se modifică şi viteza percepperii vizuale şi anume ea creşte cu mărirea iluminării în special întrecerea de la întuneric la valori mijlocii de iluminare de ordinul 400 luxi fără a se observa o obosire a sensibilităţii ochiului. Viteza percepperii vizuale creşte în special cu mărimea ulterioară a iluminării pînă la 1200 luxi. Această limită (400 luxi) spre care trebuie să timdă tehnica iluminatului este în majoritatea cazurilor departe de a fi luată în seamă, neacordîndu-se încă iluminatului artificial atenţia deosebită pe care o merită.

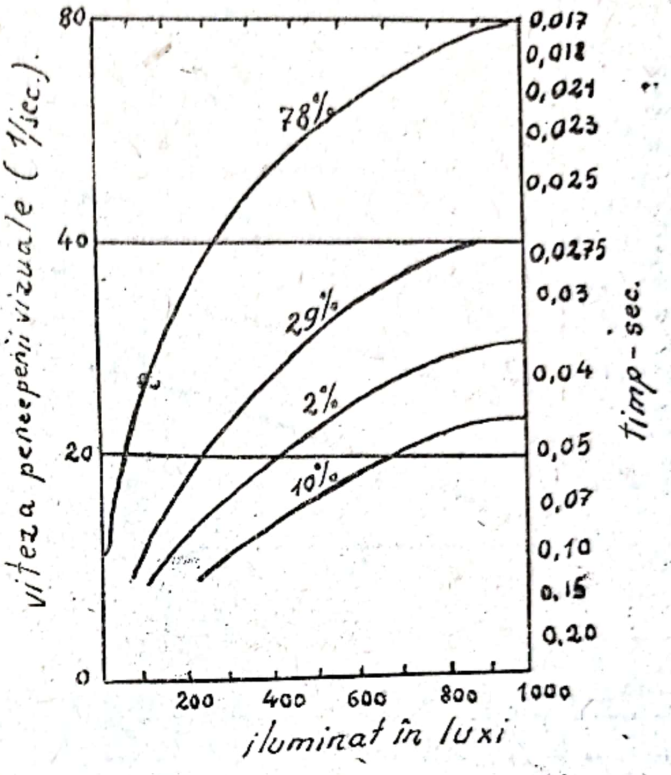


- Printre funcţiile ochiului care intervin în cursul muncii în ateliere, una dintre cele mai importante este rapiditatea de acomodare la distanţe variabile. Această rapiditate creşte mult pînă la 70 de luxi şi apoi mai încet, pînă la 120 luxi. Trebuie să mai pomenim de faptul că dacă citim un text sub un unghi vecin unghiului limită, chiar cu iluminări cu totul suficiente, lectura va diminua rapid pentru a deveni practîc nulă cînd, pentru ca citirea să fie bună, trebuie să mărim mult de tot iluminarea.

- Cu mărirea iluminării fondului creşte şi sensibilitatea de contrast de la 0,00065 pînă la 0,065 stilbi. Atît coborîrea cît şi ridicarea strălucirii fondului dincolo de valorile indicate, scad sensibilitatea de contrast.

- Cu mărimea iluminării se măreşte deasemeni şi stabilitatea vederii clare, adică capacitatea ochiului de a vedea clar un obiect pe care-l fixează. La o asemenea fixare, faze de vedere clară alternează cu faze de vedere neclară, cînd conturările obiec-

- In funcţie de strălucire se modifică şi viteza percepperii vizuale şi anume ea creşte cu mărirea iluminării în special în trecerea de la întunericlocii de iluminare de ordinul 4oo luxi fără a se observa o obosire a sensibilităţii ochiului. Viteza percepperii vizuale creşte în special cu mărimea ulterioară a iluminării pînă la 12oo luxi.Această limită (4oo luxi) spre care trebuie să tindă tehnica iluminatului este în majoritatea cazurilor departe de a fi luată în seamă, neacordîndu-se încă iluminatului artificial atenţia deosebită pe care o merită.

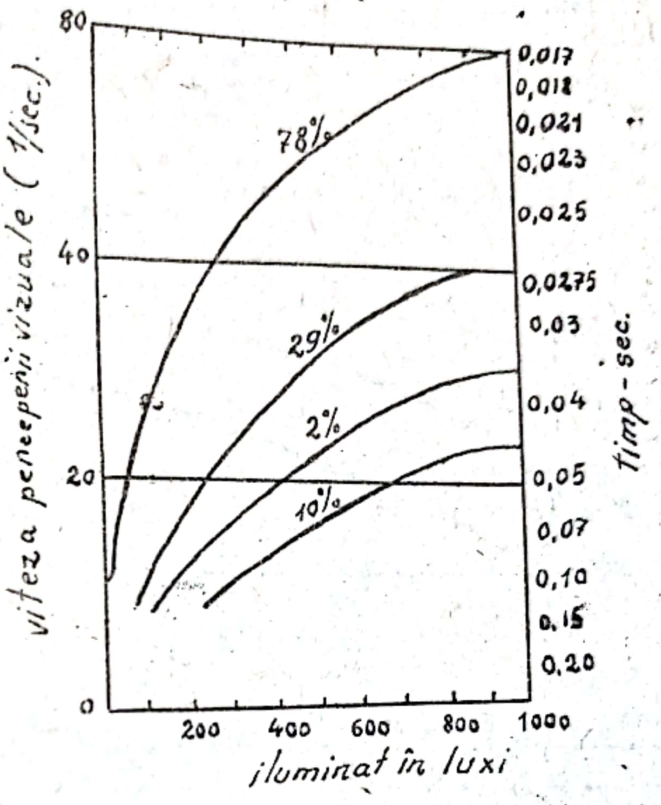


- Printre funcţiile ochiului care intervin în cursul muncii în ateliere, una dintre cele mai importante este rapiditatea de acomodare la distanţe variabile. Această rapiditate creşte mult pînă la 7o de luxi şi apoi mai încet, pînă la 12o luxi. Trebuie să mai pomenim de faptul că dacă citim un text sub un unghi vecin unghiului limită, chiar cu iluminări cu totul suficiente, lectura va diminua rapid pentru a deveni practic nulă cînd, pentru ca citirea să fie bună, trebuie să mărim mult de tot iluminarea.

- Cu mărirea iluminării fondului creşte şi sensibilitatea de contrast de la o,ooo65 pînă la o,o65 stilbi. Atît coborîrea cît şi ridicarea strălucirii fondului dincolo de valorile indicate,scad sensibilitatea de contrast.

- Cu mărimea iluminării se măreşte deasemeni şi stabilitatea vederii clare, adică capacitatea ochiului de a vedea clar un obiect pe care-l fixează. La o asemenea fixare, faze de vedere clară alternează cu faze de vedere neclară, cînd conturările obiec-

- In funcţie de strălucire se modifică şi viteza perceperii vizuale şi anume ea creşte cu mărirea iluminării în special întrecerea de la întuneric la valori mijlocii de iluminare de ordinul 4oo luxi fără a se observa o obosire a sensibilităţii ochiului. Viteza perceperii vizuale creşte în special cu mărimea ulterioară a iluminării pînă la 12oo luxi. Această limită (4oo luxi) spre care trebuie să tindă tehnica iluminatului este în majoritatea cazurilor departe de a fi luată în seamă, neacordîndu-se încă iluminatului artificial atenţia deosebită pe care o merită.

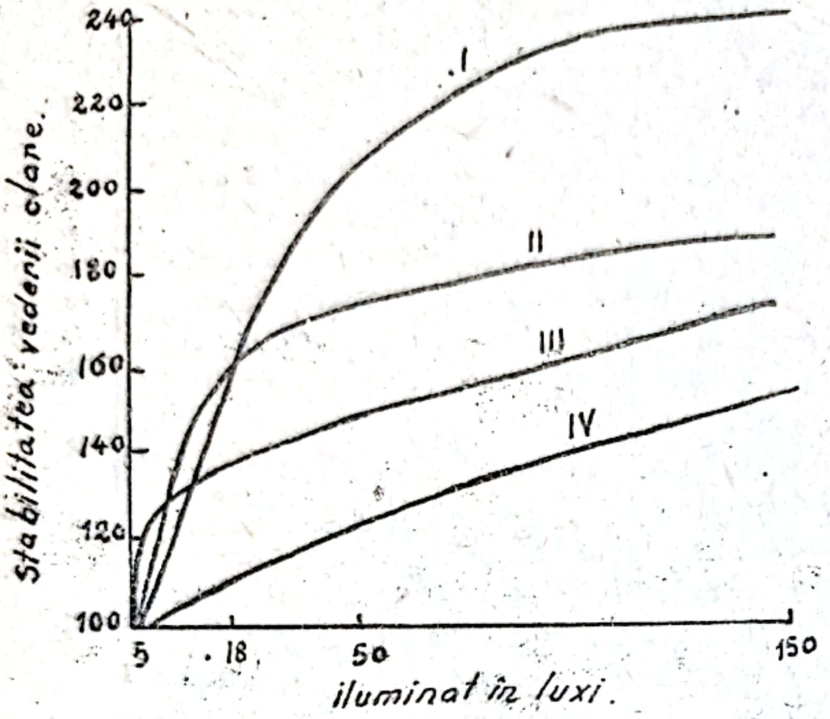


- Printre funcţiile ochiului care intervin în cursul muncii în ateliere, una dintre cele mai importante este rapiditatea de acomodare la distanţe variabile. Această rapiditate creşte mult pînă la 7o de luxi şi apoi mai încet, pînă la 12o luxi. Trebuie să mai pomenim de faptul că dacă citim un text sub un unghi vecin unghiului limită, chiar cu iluminări cu totul suficiente, lectura va diminua rapid pentru a deveni practic nulă cînd, pentru ca citirea să fie bună, trebuie să mărim mult de tot iluminarea.

- Cu mărirea iluminării fondului creşte şi sensibilitatea de contrast de la o,ooo65 pînă la o,o65 stilbi. Atît coborîrea cît şi ridicarea strălucirii fondului dincolo de valorile indicate, scad sensibilitatea de contrast.

- Cu mărimea iluminării se măreşte deasemeni şi stabilitatea vederii clare, adică capacitatea ochiului de a vedea clar un obiect pe care-l fixează. La o asemenea fixare, faze de vedere clară alternează cu faze de vedere neclară, cînd contururile obiec-

telor par că se sting. Nivelul stabilităţii vederii clare se determină prin raportul duratei vederii clare la durata vederii neclare, de ex, în cursul unui minut. Mărimea iluminării prelungeşte faza de vedere clară dacă se reduce frecvenţa alternării fazelor de vedere clară şi neclară într-o unitate de timp, ridicînd prin aceasta eficienţa activităţii vizuale.



Iluminarea obiectelor ce ne înconjoară în natură şi strălucirea imaginelor pe retină variază în limitele cele mai largi în funcţie de anotimp, de ora din zi, de înnourare, de obiectele din jur. Nu este posibil să se deducă o medie "optimă" pentru toate vieţuitoarele de zi şi alta pentru cele de noapte (bufniţe, lilieci). Pentru acestea din urmă chiar lumina celor mai modeste lămpi este insuportabilă. Din p.d.v biologic iluminarea optimă trebuie să fie rezultatul unei adaptări evolutive a ochiului la iluminarea medie produsă de soare pe pămînt. Din p.d.v. al energiei, ochiul uman nu este adaptat însuşi soarelui, ci la lumina solară difuzată de obiectele înconjurătoare, fapt pentru care pledează diafragma variabilă a pupilei variaţia sensibilităţii retinei şi strălucirea cea mai potrivită. Pe de altă parte razele solare pătrund foarte rar direct în ochiul nostru, deoarece axele ochilor sînt îndreptate orizontal, iar soarele se află în lungul acestei direcţii numai în momentul cînd răsare şi cînd apune.

Experienţa a putut stabili iluminările necesare efectuării diferitelor munci în bune condiţiuni:

locuri de acces public (curţi, etc.)	1-10 luxi
vestibule, scări, săli	15 "
saloane, cameră de locuit	30 "
birouri	50 "
mese de birou	80 "
munci industriale mijlocii	60-100 "
munci industriale fine	200 "
munci industriale foarte fine	500 "
săli de operaţie	5000 "

Trebuie de atras atenţia asupra importanţei unei iluminări suficiente în igiena şcolară, în care, sub 30 luxi de iluminare a planului de lucru şcolarii sufăr de o lipsă a iluminării, oftalmologii socotind aceasta ca o cauză predispozantă pentru miopie.

Valorile tabelului de mai sus nu trebuiesc socotite mari dacă le comparăm cu iluminările produse de lumina zilei, cînd la soare în plin cîmp, iluminarea este de circa 80.000 luxi, iar la umbră 5000 luxi.

Cea mai mare iluminare la care ochiul mai poate distinge obiecte pe fond alb, este de 2.000.000 luxi, cea mai mică de circa 0,403 luxi; optimul între 10 şi 20.000 luxi. Cu cît lucrul este mai migălos (ciasornicari, desenatori, etc.) cu atît iluminarea trebuie să fie mai mare şi mai uniformă.

Dar creşterea iluminării nu se poate face indefinit cu folos practic, ba din contra, cînd este un exces de lumină sau cînd sursa este prost aşezată, se produce o jenă a vederii cunoscută sub numele de orbire care reprezintă efectul unei străluciri intense asupra aparatului vizual (în primul rînd asupra retinei) şi care se manifestă prin alterarea stării normale a funcţiilor vizuale. Aşa că de fapt strălucirea intensă (care este proprietatea pe care o au suprafeţele luminoase din cîmpul vizual a omului de a tulbura funcţiile vizuale normale ale ochiului adaptat pentru o anumită strălucire) este de fapt, o strălucire orbitoare.

Se disting două feluri de străluciri orbitoare:

- directe, de la sursele luminoase şi suprafeţele care lasă să treacă fluxul luminos;
- indirecte, provenite de la suprafeţele luminoase sau acelea care reflectă lumina proiectată.

Acestea prezintă o însemnătate deosebită în mediul industrial unde apare adesea ori graţie suprafeţelor

de lucru care au un coeficient mare de reflexie(metale şlefuite sau lustruite, ţesături albe lucioase, suprafeţe acoperite cu lac,etc.).

Sînt două feluri de orbiri:

- Orbirea din cauza sursei (permanentă) ce apare atunci cînd există în cîmpul vizual o sursă de o strălucire excesivă şi în care caz se produce printr-un mecanism reflex, o constricţie a pupilei care reduce cantitatea de lumină ce intră în ochi şi deci şi iluminarea retinei. Cea mai mare strălucire pe care o poate suferi ochiul fără a fi jenat este de o,5 lumînare/cmp.

- Orbirea prin insuficienţă de adaptare care survine ori de cîte ori ochiul care este adaptat la un grad oarecare de strălucire,este supus brusc la o strălucire diferită. In acest caz, ochiul neputînd modifica instantaneu sensibilitatea sa, rezultă o stare de slăbiciune, dacă aceste schimbări sînt frecvente.

Ori care ar fi cauza, fenomenul orbirii - adică diminuarea sensibilităţii elementelor vizuale ale retinei în urma unei supra excitaţii - se manifestă printr-o distingere vagă a detaliilor, prin coborîrea tuturor funcţiilor vizuale (în primul rînd a sensibilităţii de contrast) şi apariţia pe retină a imaginilor consecutive şi senzaţiei subiective neplăcute (dureri de ochi, de cap, etc.).

Valoarea densităţii luminoase a unei suprafeţe care poate da naştere la strălucire orbitoare depinde şi de strălucirea pentru care ochiul este adaptat la un moment dat. In cazul adaptării la o iluminare slabă, cea mai mică strălucire poate avea un efect orbitor căci diferenţa dintre străluciri atinge o valoare mare. Pe măsură ce creşte iluminarea, diferenţa dintre strălucirea orbitoare şi strălucirea fondului descreşte treptat, pînă cînd strălucirile converg la 16,5 stilbi. Astfel această valoare se consideră ca o valoare limită a strălucirii, la care ochiul nu se mai poate adapta chiar dacă iluminaţia mediului creşte pînă la un maxim, ceea ce înseamnă că o asemenea strălucire produce un efect orbitor în orice condiţiuni. Strălucirea surselor actuale este cu mult mai mare de cît această valoare limită: astfel strălucirea soarelui este de 22o.ooo stilbi, a arcului voltaic de 5.ooo - 16.ooo stilbi, a norilor (în funcţie de intensita-

ea luminoasă pe care o primesc) de o,6 - 300 stilbi,
cerului albastru de o,2 stilbi, a filamentelor be-
urilor de 300-1.000 stilbi. De aci rezultă că becu-
rile fără o armătură corespunzătoare, au o strălucire
orbitoare la care ochiul nu se poate adapta fără
prejudiciu. Se consideră de obicei că valoarea de
o,5 - o,75 stilbi, ar fi limita strălucirii suprafe-
elor luminoase admisibilă din p.d.v. al igienii vede-
rii, deşi chiar valori mai mici pot avea un efect
orbitor dacă ochiul este adaptat la întuneric.

Pentru obosirea retinei este importantă nu atît
energia totală care intră în ochi, ci aceea care re-
vine unităţii de suprafaţă a imaginei de pe retină.
Cu cît sursa de lumină stă mai departe, cu atît ima-
ginea ei este mai mică, dar "strălucirea specifică"
adică strălucirea pe unitatea de suprafaţă a imagi-
nei rămîne constantă în limite largi. De acest lucru
ne putem convinge uşor privind becurile aprinse pî-
nă departe, pe o stradă. Se obţine alt lucru dacă
se iluminează o suprafaţă oarecare cu lumina primului
bec, a celui de al doilea, al treilea , etc. şi amu-
me valoarea iluminării va scădea extrem de repede.

Aprecierea energiei luminoase de către ochi se
face calitativ: strălucirile mari se percep "dureros"
iar cele neglijabile, în urma unei încordări "nepla-
cute". Există şi străluciri "potrivite şi plăcute"
deoarece nu simţim nici variaţia mărimei pupilei,
nici modificarea sensibilităţii retinei. Remarcăm
numai pragul de excitaţie, deoarece dincolo de el
dispare impresia vizuală. De aceea numai prezenţa
lui ne dă uneori posibilitatea să folosim ochiul ca
dispozitiv pentru măsurarea absolută a mărimii ener-
giei luminoase.

Influenţa încordării vederii şi oboselei apara-
tului vizual. Munca în condiţii de iluminat neraţio-
nal cu treceri de la un grad de strălucire la altul,
are ca efect o încordare puternică a văzului, în
special în muncile legate cu examinarea detaliilor
(ceasornicărie, gravură, corectură, etc.). Încorda-
rea îndelungată a privirii şi readaptarea freeventă
a ochiului, produc oboseala elementelor vizuale cu
slăbirea funcţiilor vizuale: perceperea vizuală ne-
clară sileşte pe muncitori să apropie piesele de
examinat de ochi, fapt care are drept efect inten-
sificarea acomodării şi a convergenţei, oboseală şi
dezechilibrarea aparatului muscular al ochiului. În

tea luminoasă pe care o primesc) de o,6 - 300 stilbi,
a cerului albastru de o,2 stilbi, a filamentelor be-
curilor de 300-1.000 stilbi. De aci rezultă că becu-
rile fără o armătură corespunzătoare, au o strălucire
orbitoare la care ochiul nu se poate adapta fără
prejudicii. Se consideră de obicei că valoarea de
o,5 - o,75 stilbi, ar fi limita strălucirii suprafe-
ţelor luminoase admisibilă din p.d.v. al igienii vede-
rii, deşi chiar valori mai mici pot avea un efect
orbitor dacă ochiul este adaptat la întuneric.

Pentru obosirea retinei este importantă nu atît
energia totală care intră în ochi, ci aceea care re-
vine unităţii de suprafaţă a imaginei de pe retină.
Cu cît sursa de lumină stă mai departe, cu atît ima-
ginea ei este mai mică, dar "strălucirea specifică"
adică strălucirea pe unitatea de suprafaţă a imagi-
nei rămîne constantă în limite largi. De acest lucru
ne putem convinge uşor privind becurile aprinse pî-
nă departe, pe o stradă. Se obţine alt lucru dacă
se iluminează o suprafaţă oarecare cu lumina primului
bec, a celui de al doilea, al treilea , etc. şi anu-
me valoarea iluminării va scădea extrem de repede.

Aprecierea energiei luminoase de către ochi se
face calitativ: strălucirile mari se percep "dureros"
iar cele neglijabile, în urma unei încordări "neplă-
cute". Există şi strălucriri "potrivite şi plăcute"
deoarece nu simţim nici variaţia mărimei pupilei,
nici modificarea sensibilităţii retinei. Remarcăm
numai pragul de excitaţie, deoarece dincolo de el
dispare impresia vizuală. De aceea numai prezenţa
lui ne dă uneori posibilitatea să folosim ochiul ca
dispozitiv pentru măsurarea absolută a mărimii ener-
giei luminoase.

Influenţa încordării vederii şi oboselei apara-
tului vizual. Munca în condiţii de iluminat neraţio-
nal cu treceri de la un grad de strălucire la altul,
are ca efect o încordare puternică a văzului, în
special în muncile legate cu examinarea detaliilor
(ceasornicărie, gravură, corectură, etc.). Încorda-
rea îndelungată a privirii şi readaptarea frecventă
a ochiului, produc oboseala elementelor vizuale cu
slăbirea funcţiilor vizuale: perceperea vizuală ne-
clară şileşte pe muncitori să apropie piesele de
examinat de ochi, fapt care are drept efect inten-
sificarea acomodării şi a convergenţei, oboseală şi
dezechilibrarea aparatului muscular al ochiului. În

urma acestor fenomene, activitatea vizuală scade brusc şi deci şi productivitatea. Dezechilibrarea aparatului vizual din cauza iluminării neraţionale poate da naştere şi la diferite accidente. Deasemenea problema iluminării insificient de raţionale (aşa cum se întîmplă în mine) este strîns legată de o boală specifică profesională - nistagmusul - care se manifestă prin tremuratul involuntar al ochilor, lucru care se explică prin aceea că iluminatul insificeint al minelor are ca efect o încordare considerabilă a aparatului muscular al ochiului, în urma căruia apar turburări de coordonare a muşchilor globilor oculari, similare cu alte nevroze de coordonare.

Condiţiile igienice ale iluminatului. Iluminatul încăperilor trebuie să corespundă următoarelor condiţii:

a.- Iluminarea suficientă a suprafeţelor de lucru, pentru a da posibilitatea efectuării muncii fără încordarea vederii. Trebuie de adăugat că intensitatea luminoasă este invers proporţională cu dimensiunea unghiulară a obiectelor, coeficientul de reflexie a suprafeţelor de lucru şi cu contrastul dintre piesă şi fond. Iluminarea trebuie să fie mai mărită cînd se lucrează cu piese mobile sau cu piese cu strălucire diferită.

b.- Repartiţia uniformă a luminii, lipsa de umbre, nivelul constant al intensităţii luminoase, evitarea unei diferenţe accentuate între strălucirile corpurilor înconjurătoare; toate acestea sînt necesare pentru menţinerea constantă a adaptării vizuale.

c.- Lipsa de strălucire în cîmpul vizual, căci strălucirea intensă are ca efect diminuarea capacităţii vizuale de muncă.

Deci în concluzie, pentru a evita orbirea prin strălucire permanentă (surse de lumină) sau orice alterare a acuităţii vizuale determinată de o astfel de iluminare, trebuie ca atunci cînd folosim lămpi electrice fără paravane, deci foarte strălucitoare, să le aşezăm destul de sus pentru ca să nu se găsească în cîmpul obişnuit al privirii.

Se admite că dreapta care uneşte ochiul cu lampa să formeze cu orizontala un unghi de cel puţin 30°. Cînd lampa nu se poate aşeza în afara cîmpului vizual, trebuie să aşezăm difuzoare în

BIBLIOTECA CENTRALĂ REGIONALĂ IAȘI

jurul sursei pentru a-i diminua strălucirea şi pentru a îndrepta lumina spre locul dorit: în jos în cazul iluminării directe şi în sus în cazul unei iluminări indirecte cînd se întrebuinţează plafonul drept difuzor. Pentru aceasta se utilizează pe pereţi şi pe plafoane o culoare cît mai clară care să prezinte o strălucire suficient de ridicată. Astfel, culorile albe de barit reflectă 99% din lumina incidentă, cele albe de zinc 94%, de plumb 93%, creta 84%, hîrtie albă 82%, tapetele galbene pînă la 40%, iar cele albastre pînă la 25%, stofă neagră 1,2%, iar catifeaua neagră numai o,2%. În tot cazul trebuie să ne ferim şi de cauzele de orbire indirectă prin reflexia luminii.

Pentru a evita orbirea prin insuficienţă de adaptare, trebuie să evităm contrastele prea accentuate între părţile cîmpului expuse la lumină şi acelea care se găsesc în umbră. Astfel într-un birou trebuie nu numai să concentrăm lumina asupra mesei de lucru dar să dăm o strălucire suficientă şi pieselor înconjurătoare. Din aceiaşi cauză trebuie să evităm producerea de umbre prea dure. Deoarece acestea provin din cauza unei iluminări cu o singură sursă dar de mare strălucire, se remediază acest inconvenient prin întrebuinţarea difuzoarelor de lumină sau prin mărirea numărului surselor de lumină. Totuşi nu putem merge prea departe cu înmulţirea surselor luminoase, căci prezenţa umbrelor este un element util pentru perceperea reliefului ce contribuie astfel la recunoaşterea formei obiectelor, iar în acelaş timp, prin mărirea numărului surselor de lumină creşte şi intensitatea luminoasă, deci pericolul orbirii.

In concluzie, o bună iluminare necesită o iluminare suficientă cu o sursă de lumină cu o compoziţie spectrală cît mai apropiată de lumina zilei, dar în acelaş timp trebuie să diminuăm strălucirea focarelor luminoase întrebuinţînd anvelope difuzoare şi de a reduce pe cît posibil, efecbele de contrast, printr-o dispoziţie judicioasă a surselon.

jurul sursei pentru a-i diminua strălucirea şi pentru a îndrepta lumina spre locul dorit: în jos în cazul iluminării directe şi în sus în cazul unei iluminări indirecte cînd se întrebuinţează plafonul drept difuzor. Pentru aceasta se utilizează pe pereţi şi pe plafoane o culoare cît mai clară care să prezinte o strălucire suficient de ridicată.Astfel, culorile albe de barit reflectă 99% din lumina incidentă, cele albe de zinc 94%, de plumb 93%, creta 84%, hîrtie albă 82%, tapetele galbene pînă la 40%,iar cele albastre pînă la 25%, stofa neagră 1,2%,iar catifeaua neagră numai o,2%. În tot cazul trebuie să ne ferim şi de cauzele de orbire indirectă prin reflexia luminii.

Pentru a evita orbirea prin insuficienţă de adaptare,trebuie să evităm contrastele prea accentuate între părţile cîmpului expuse la lumină şi acelea care se găsesc în umbră. Astfel într-un birou trebuie nu numai să concentrăm lumina asupra mesei de lucru dar să dăm o strălucire suficientă şi piesele înconjurătoare. Din aceiaşi cauză trebuie să evităm producerea de umbre prea dure. Deoarece acestea provin din cauza unei iluminări cu o singură sursă dar de mare strălucire, se remediază acest inconvenient prin întrebuinţarea difuzoarelor de lumină sau prin mărirea numărului surselor de lumină. Totuşi nu putem merge prea departe cu înmulţirea surselor luminoase, căci prezenţa umbrelor este un element util pentru perceperea reliefului ce contribuie astfel la recunoaşterea formei obiectelor, iar în acelaş timp, prin mărirea numărului surselor de lumină creşte şi intensitatea luminoasă, deci pericolul orbirii.

În concluzie, o bună iluminare necesită o iluminare suficientă cu o sursă de lumină cu o compoziţie spectrală cît mai apropiată de lumina zilei, dar în acelaş timp trebuie să diminuăm strălucirea focelor luminoase întrebuinţînd anvelope difuzoare şi de a reduce pe cît posibil, efectele de contrast, printr-o dispoziţie judicioasă a surselor.

Helioterapia

Prin acest nume se înţelege tratamentul cu lumină solară integrală, terapie cunoscută şi întrebuinţată din cele mai vechi timpuri (egipteni, greci, romani).

Din cauza greutăţilor pe care le ridică ea în marele oraşe, se întîrzie încă generalizarea helioterapiei care este una dintre cele mai preţioase şi puternice remedii ce contribuie atît la întărirea organismului cît şi la însănătoşirea sa.

De sigur că în efectele helioterapiei intervin şi alţi factori afară de lumina solară. Pielea constituie un receptor foarte întins pe care-l excită căldura, variaţiile de temperatură, evaporarea cutanată şi care dacă este lipsită de apărarea vestimentară, îşi reia rolul său în funcţiile de perspiraţie şi transpiraţie, de reglare a schimburilor calorice, de luptă contra frigului sau căldurii, etc.

Efecte. Mărginindu-ne la efectele radiaţiilor solare, trebuie să spunem că acţiunea este foarte complexă, intervenind într-o mare măsură atît compoziţia spectrală a radiaţiilor cît şi intensitatea lor.

Cunoaştem deja natura acestor radiaţii. Parte din ele, corespunzătoare razelor i.r. se prefac în energie termică intensificînd metabolismul general şi tisular. Partea corespunzătoare regiunii u.v. fiind absorbită de ţesuturi (în special de piele) provoacă în acestea modificări importante biochimice (în structura coloizilor proteici a protoplasmei celulare, a compoziţiei sensului, etc.). Mare parte din proprietăţile acestor radiaţii de o parte şi de alta a spectului vizibil sînt studiate într-un capitol aparte.

Soarele exercită o acţiune locală şi generală. Efectul local se manifestă printr-o acţiune bactericidă, cicatrizantă, analgezică şi rezolutivă care oferă în afecţiunile chirurgicale un adjuvant terapeutic incomparabil. Tumefierile şi indurările din osteite şi osteo-artrite regresează. Se constată o uscare a fistulelor printr-un veritabil apel de puroi şi drenaj şi în acelaş timp o creştere a fagocitozei. Actiunea cicatrizantă este incontestabilă. Curgerea puroiului devine mai seroasă, filantă şi

diminuă. Inflamaţia din jur dispare. Suprafaţa ulcerată se restrînge, cicatricea este suplă. Pe pielea sănătoasă se constată de la început, un eritem urmat de o descuamare, dacă se face de la început o iradiere prea lungă şi în cele din urmă apare o pigmentare care durează mult timp.

Efectul general se îndeplineşte printr-o acţiune stimulentă asupra nutriţiei (creşte schimburile gazoase), asupra sîngelui (creşte numărul hematiilor, hemoglobina, rezistenţa globulară, calciul şi fosforul şi scade glucoza şi tiroxina), prin acţiunea sa mineralizantă, prin modificările echilibrului endocrino-simpatic şi în sfîrşit printr-o creştere a gradului de imunitate. Baia de soare produce o senzaţie de căldură agreabilă provocînd o transpiraţie mai mult sau mai puţin abundentă, ea acompaniindu-se de o stare de euforie, de bine general care durează cîteva ore. Pe lîngă efectul stimulent are în acelaş timp un efect calmant constatîndu-se o diminuare a excitabilităţii nervoase. Unii indivizi simt la început, cînd soarele arde prea puternic şi cînd insolaţia este prea prelungită, ameţeli, cefalee, excitaţii. In perioada de obişnuinţă individul suportă bine iradierile. Lumina solară activează mişcările organismelor vieţuitoarelor atît prin acţiunea asupra tegumentelor cît şi prin intermediul sistemului nervos, la animalele inferioare producîndu-se o fototaxie pozitivă sau negativă. Lumina solară influenţează şi desvoltarea căci la culorile albastru şi violet se desvoltă mai ales ovăle. Excită fagocitoza, în acelaş timp avînd o acţiune bactericidă directă sau indirectă foarte netă, lumina reprezentînd cel mai puternic agent de desinfecţie cunoscut pînă în prezent. In regiunile expuse soarelui se produce o creştere considerabilă a colesterinei din piele (unsori de 5-7 ori mai mult de cît în regiunile acoperite). Această acumulare locală de colesterină poate exercita o influenţă în desvoltarea dermatozelor actinice. Unii autori insistă asupra acţiunii favorabile a băii de soare asupra pielei care reprezentînd o vascularizaţie foarte bogată, se numeşte cu drept cuvînt un "cord periferic". Pielea conţine o vitamine pe care radiaţiile solare o va activa în baza mecanismului de reglare a metabolismului fosfocalcic. Pigmentaţia care rezultă din acţiunea razelor ultraviolete asupra pielei este pentru unii un

obstacol de pătrundere a razelor solare. Ea nu trebuie însă interpretată ca o reacţie a organismului contra acestor raze, după cum pigmentul nu apără tegumentele contra r.u.v., pigmentaţia negrilor apărîndu-i mai puţin pe aceştia decît pigmentaţia obţinută printr-o radiaţie anterioară.

Mecanismul acţiunii. Am văzut că acţiunea se face pe de o parte direct la locul unde radiaţiile sînt absorbite, iar pe de altă parte indirect prin transport de substanţe modificate de radiaţii.

Absorbţia este foarte inegală, ea fiind în funcţie de lungimea de undă a undelor incidente şi anume este maximă spre roşu şi diminuă spre violet. Radiaţiile care pătrund cel mai mult sînt cuprinse între 0,6 μ şi 1,5 μ , ele putînd atinge ţesutul celular subcutanat. Deoparte şi de alta a acestei zone se găsesc radiaţii ce sînt absorbite mai mult şi care nu pătrund decît în epiderm şi derm. Deasupra lui 5 μ, r.i.r. sînt oprite de celulele superficiale a stratului corneean. Mecanismul de acţiune al radiaţilor asupra pielei deşi nu este încă bine lămurit, este diferit în funcţie de radiaţie. Pentru cele cu lungimi mari de undă, căldura degajată este un element de primă importanţă, căci sub influenţa ei şi a vaso-dilataţiei sub-cutanate ce rezultă de aci, se găsesc exaltate diferitele funcţii fiziologice ale pielei.

Radiaţiile cu lungime mică de undă trebuie să aibă un mod de actiune ce se apropie mai mult de reacţiile foto-chimice, mecanismul esenţial constînd într-o deplasare a electronilor periferici ai atomului. Turburarea astfel cauzată, va produce schimbări în edificiile complexe ale moleculelor mari ale materiei vii.

Totuşi actiunea locală prin absorbţia puţin profundă a radiaţiilor nu poate explica efectele generale aşa de marcate. Lucrări mai noi au arătat că alimente iradiate cu r.u.v. capătă proprietăţi antirahitice, activitate particulară care este legată de prezenţa ergosterolului şi care el însuşi este un constituent al colesterolului. In ergosterol sînt bogate unele celule cutanate, epidermice şi glandulare, glandele sanguine. Ergosterolul activat de circulatie se fixează în diverse organe, mai ales în ficat şi splină.

Fotosensibilizarea. Prin ea se înţelege apa-

riţia unei sensibilităţi speciale faţă de acţiunea patogenă a energiei radiantă determinată de unele substanţe active din p.d.v.fotochimic, de provenienţă endo sau exogenă. Aceste substanţe sînt în general fluorescente fără a fi însă un paralelism între sensibilizare şi fluorescenţă.

Sensibilizarea fiziologică se observă de ex. înjectînd la broască eozină. Animalul ţinut la întuneric nu prezintă nici un fenomen;dar dacă este expus la lumină, survine agitaţie, apoi fenomene de paralizie şi în fine moartea. Tot aşa şoareci albi la care s-a injectat hematoporfirină şi aşezaţi în plină lumină fac agregaţie, ėdeme cutanate şi nu. întîrzie să moară.Astfel de substanţe care au acţiune numai sub influenţa luminii sînt: eozina, hematoporfirina, acridina, chinina, cyanina, antracenul, etc. La om s-au semnalat cazuri de fotosensibilizare cu diverse substanţe utilizate ca medicamente,eozina, acridina, chinina. Fotosensibilizarea determinată de anumite produse de distilare a cărbunelui de pămînt (acridina, antracenul, atrachinona, etc.) şi a petrolului (smoala, parafina, uleiurile, unsorile, etc.)are o mare importanţă în patologia profesională,condiţionînd apariţia unor boli profesionale legate de manipularea unor astfel de substanţe cînd lucrătorii ce lucrează în astfel de domenii sînt atinşi de eriteme şi prurit, după expunerea la soare.

Pe lîngă această sensibilizare exogenă, mai există şi una endogenă datorită unor produse a metabolismului alimentar. So descrie sub numele de "hydroa estivalis" o boală ce constă din apariţia unei pete eritematoase cu edeme şi cefalee, ori de cîte ori individul este expus la soare. Boala se pare că s-ar datora sensibilizării organismului cu hematoporfirina care ar lua naştere în ţesuturi în detrimentul hemoglobinei.O patogenie analoagă par a avea pelagra,eczema solară, seroderma pigmentozum.

Natura şi mecanismul fotosensibilizării n-au fost încă pe deplin lămurite. Unii autori o consideră drept o combinare a acţiunii directe a mai multor factori, r.d.v. avînd rolul de a intensifica acţiunea factorilor precedenţi, manifestîndu-se în particular prin intensificarea metabolismului pigmenţilor, prin acidoză şi vicierea factorilor vege-

tativ. Majoritatea autorilor cred însă că factorul principal în fotosensibilizare îl constituie fluorescenţa adică capacitatea razelor cu lungimi mai mici de undă de a se transforma în raze cu lungimi de undă mai mari, eliberînd concomitent energie activă, căci acţiunea fotodinamică a deşeurilor hidrocarbonate este determinată atît de r.u.v. cît şi de cele vizibile şi i.r.

În urma numeroaselor cercetări experimentale făcute în ultimii ani s-a stabilit că substanţele cancerigene principale sînt hidrocarburile aromate policiclice (benzopirenul, dibenzopirenul, benzăntracenul şi dibenzantracenul). Unele experienţe au arătat că numai iradierea cu r.u.v. la şoarece duce la dezvoltarea de tumori maligne. După cum se pare, rolul corespunzător în acest caz îl joacă metabolismul colesterinei, ea crescînd în ţesuturi cu aproximativ 300%.

În aceste fenomene de fotosensibilizare o anumită influenţă o are şi sensibilitatea individuală.

Modul de aplicare. Va fi diferit după modul de acţiune şi după efectele dorite, el putînd fi general cînd individul se expune soarelui în pielea goală (baie de soare) sau luminii difuze (baie atmosferică) sau local.

Este preferabil ca băile de soare să se facă în poziţie culcată şi cu capul acoperit. Timpul cel mai potrivit pentru băi este de la orele 8-9 pînă la 11-12. Între aceste ore aerul este mai curat, mai puţin încălzit şi conţine toate cele trei feluri de radiaţii. Baia de soare trebuie făcută cu 1½ - 2 ore înainte şi după mese. După baie este bine să se facă un duş. Atît cît este posibil, baia de soare va fi aplicată în aer liber, fapt care uşurează pierderea de căldură şi pe pielea goală a întregului organism. Ea se va face progresiv trebuind să existe întîi o perioadă de preparare şi adaptare. Se pot face de la început pe întreg organismul sau expunînd succesiv mîinele şi picioarele, apoi gambele şi antebraţele, apoi abdomenul şi la urmă toracele. Ochii trebuie să fie acoperiţi cu ochelari cu sticlă fumurie (umbral). Durata şedinţelor acolo unde nu se poate face dozajul calorimetric, va merge de la cîteva minute la cîteva ore, fiind în funcţie de reacţiile organismului (cutanate şi generale; oboseală

creşterea temperaturii şi accelerarea pulsului). In helioterapie dacă heliotermometrul arată 20° subiectul trebuie apărat cu grije contra frigului, expunerea trebuind să se facă pe o terasă însorită însă închisă cu geamuri. La 35° condiţiile sînt optime pentru cura în aer liber. La 50° (săli cu cazane) condiţiile de lucru sînt nocive.

Metoda expunerii progresive în timp şi suprafaţă de acţiune are un mare defect ce constă din lipsa de legătură între mărimea dozei şi caracteristicile climei respective. In helioterapie subiectul este supus acţiunii energiei solare, din care cauză este foarte natural ca dozarea băilor să se facă în funcţie de cantitatea de energie radiantă căzută pe suprafaţa corporală. Modificările zilnice şi anuale ale radiaţiilor solare variază cu factorii geografici, astfel că şi efectul termic al băilor de soare oscilează în limite largi, chiar pentru o durată egală de administrare.

Datorită lucrărilor unor savanţi sovietici (P. G. Meserniţchi, etc.), s-a introdus în practica helioterapică o metodă nouă: dozimetria calorică, în care dozarea băii de soare se face nu prin fixarea timpului de administrare ci a numărului de calorii mici ce cad într-un minut pe un cmp de suprafaţă corporală.

Cu ocazia băilor de soare, corpul omenesc nu trebuie expus numai acţiunii razelor directe ci şi energiei radiante dispersante cît şi de acea parte a energiei radiante reflectată de suprafeţele cu care vine în contact. Această energie reflectată se exprimă în procente din razele directe şi poartă numele de "albedo". Mărimea albedului depinde de capacitatea de reflecţie a diferitelor suprafeţe, lucru pe care-l arătăm prin următorul tabel:

Suprafaţa	Albedo
Zăpada proaspăt căzută	85%
Nisip de culoare galben	35%
Nisip de rîu	29%
Ierburi verzi	26%
Sol natural de calcar	25%
Argilă	23%
Stufăriş mărunt	21%
Pădure de brazi	14%
Apă (înălţimea soarelui 45°)	5%

Din tabelul de mai sus se vede că zăpada are cel mai înalt grad de albedo, fapt care explică amenajarea solariilor de zăpadă în sanatoriile alpine.

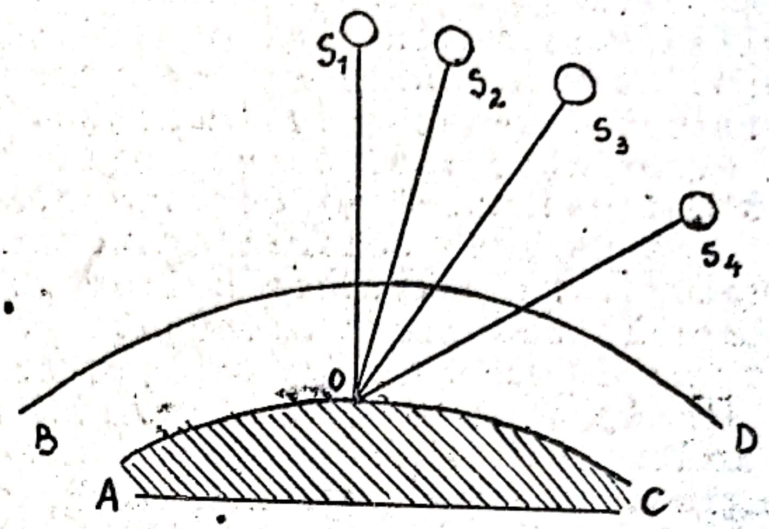
Razele calorice au un albedo foarte ridicat. Astfel după unele date, pielea absoarbe complet 97% r.u.v. cu o lungime de undă scurtă, reflectînd numai 3%. Pentru razele roşii, albedoul pielei este maxim şi ajunge pînă la 46%. Apoi pe măsura măririi lungimii de undă a razelor, albedoul pielei omului se micşorează, permeabilitatea ei creşte, atingînd un maxim pentru razele i.r. cu o lungime de undă de cca. 800 m μ. In medie albedoul pielei pentru toate razele este de 33%. In acest fel razele solare acţionează nu numai asupra straturilor superficiale ale pielei (r.u.v) dar şi asupra organelor interne (r.i.r).

După cum se ştie soarele este o sferă incandescentă ce are la interior, o temperatură de cca. 40.000.000°, iar la suprafaţă cca. 6.000° şi care emite în toate părţile energie radiantă. Pînă la limitele atmosferei terestre nu ajung de cît cantităţi foarte mici din această energie (1/2.000.000.000) căci distanţa de la soare la pămînt este de 150.000.000 km.(soarele are un diametru de 1.500000 km.). Pe pămînt ajunge o cantitate şi mai mică deoarece o parte din energie mai este absorbită, parţial reflectată şi difuzată de moleculele de vapori din atmosferă şi de particolele ce se găsesc aci în suspensie.

Ca unitate de măsură a intensităţii energiei solare s-a adoptat fascicolul care aduce o cantitate de căldură egală cu o calorie mică într-un minut pe o suprafaţă de 1 cmp. La limita externă a atmosferei terestre este adusă într-un minut o cantitate de 1,88 calorii mici /cmp., perpendiculară pe razele solare. Această mărime a fost denumită constanta soarelui. Pe pămînt în zilele cele mai senine nu ajunge în nici un punct o cantitate de energie mai mare de 80%, aşa că media este mult mai mică.

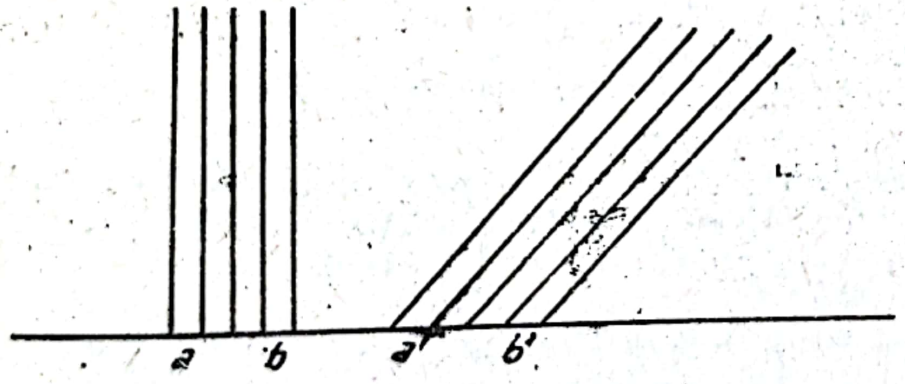
Cantitatea de energie radiantă ce ajunge pînă la suprafaţa pămîntului depinde în primul rînd de înălţimea soarelui deasupra orizontului şi apoi de unghiul pe care-l fac razele şi de gradul de transparenţă a atmosferei. Să cercetăm pe rînd aceşti factori.

Cu cît razele soarelui parcurg un drum mai lung prin atmosfera terestră, cu atît se micşorează valoarea radiaţiei solare. Această relaţie se vede în fig.alăturată în care curba AC reprezintă suprafaţa pămîntului, iar curba BD limita atmosferei. Dacă se ia ca unitate de masă atmosferică valoarea drumului parcurs de raza de soare în atmosferă cît soarele se află la zenit (la prînz), atunci relaţia dintre înălţimea soarelui şi masa atmosferică parcursă de raza de soare este următoarea:



Înălţimea soarelui: 90° 60° 30° 10° 5° 3° 0,5°
masa de atmosferă: 1,0 1,2 2,0 5,6 10,4 15,4 35,4

Intensitatea radiaţiilor depinde şi de unghiul pe care-l fac razele, căci cu cît vor cădea pe suprafaţa orizontală sub un unghiu mai ascuţit, cu atît energia se repartizează pe o suprafaţă mai mare şi astfel pe unitatea de suprafaţă revine o cantitate mai mică de energie.



Prezentăm în tabelul de mai jos actiunea căldurii radiante, în prima coloană arătînd cantitatea de calorii mici pe 1 cmp. în timp de un minut şi în coloana a doua caracterizarea senzatiilor subective:

0,4–0,8	slabă, suportabilă timp nelimitat
0,8–1,5	moderată, suportabilă timp de 3-5'
1,6–2,3	medie, suportabilă timp de 40-60"
2,3–3,0	însemnată, suportabilă 20-30"
3,0–4,0	mare, suportabilă 12-20"
4,0–5,0	puternică, suportabilă 8-10"
peste 5,0	foarte puternică, suportabilă 2-5"

Intensitatea radiaţiei se dozează cu ajutorul unor aparate speciale numite actinometre sau pirometre. După metoda lui Mezerniţchi, medicul stabileşte doza necesară şi creşterea ei treptată, determinîndu-se apoi intensitatea radiaţiei solare. Se stabileşte apoi durata băii în funcţie de intensitatea radiaţiei şi de doza stabilită.

Amenajarea solariilor. Solariile sînt terenuri neacoperite destinate băilor solare organizate. Solariile trebuiesc amenajate pe un teren curat, cît mai departe de instalaţii ce-ar putea impurifica aerul, deci de preferinţă la marginea oraşelor pe malurile bazinelor de apă deschise căci cu cît lungimea de undă este mai mică, cu atît razele sînt reţinute mai mult de atmosferă şi cu atît mai mult sînt influenţate de existenţa în atmosferă a particulelor mecanice din aer. La latitudinile medii şi nordice, solariile trebuiesc aşezate pe coastele îndreptate spre sud, ţinînd seama de unghiul de înclinare a razelor solare. Ţinînd seama de albedourile diferitelor suprafeţe, este mai bine să alegem terenuri nisipoase, unde curenţii de convecţie ai aerului sînt mai intenşi. Solariile trebuiesc prevăzute cu grătare de lemn sau bănci de lemn mobile, duşuri. Pentru expunerea la radiaţia dispersată şi pentru odihnă, trebuie să se prevadă pe terenul solarului şi locuri umbrite.

Indicaţii. Helioterapia locală este indicată în plăgi atone, ulcere, etc.

Helioterapia generală este indicată în: tuberculoza osoasă, articulară, ganglionară, renală, genitală, peritonială, deci în TBC chirurgicală;

- t.b.c. cutanată;
- adenopatii traheo-bronşice urmărind însă în deaproape reacţiile în aceste cazuri;
- la convalescenţii de pleurizii T.B.C.;
- în rahitism, anemii, depresiune generală şi nervoasă, convalescenţii bolilor acute, furunculoză, reumatism cronic, etc.

Contra-indicaţii.

-tuberculoza pulmonară evolutivă este o contra indicaţie formală şi în acelaş timp şi cea dintîi căci helioterapia reactivează focarele bacilare pulmonare, relevînd cîteodată tuberculoză pulmonară latentă. Din această cauză se impune ca înaintea cureî să se facă un examen pulmonar amănunţit;

- o serie de medici scandinavi arată că în cursul variolei, sustragerea ţesuturilor de sub acţiunea luminii, ar duce la forme de variolă mai puţin grave şi care nu ar prezenta cicatrici jenante după vindecare aşa cum se întîmplă deobicei. Deci în această boală lumina ar avea o acţiune negativă;

- la nervoşi, la copiii debili, la bătrîni, la cei sensibili faţă de lumina solară, anxioşi, unii astmatici, hepatici, febricitanţi, la cei cu dermatoze, la cardiaci, la hipertiroidieni, la cei cu insomnii, etc.

Trebuie însă să mai adăugăm că toate indicaţiile şi contraindicaţiile sînt strîns legate de mulţi factori dintre care şi staţiunea unde se practică aceste băi şi că după un timp oarecare, tratamentul devine ineficace, existînd astfel un grad de obişmuinţă. Afară de aceasta helioterapia mai are unele neajunsuri: condiţiile cele mai bune sînt realizate la altitudini sau pe litoralul mării unde insolaţia atinge un maxim de frecvenţă şi eficacitate din cauza purităţii şi deci a transparenţei soarelui; apoi soarele deşi este un izvor perfect de radiaţii, omul nu poate dispune de el după nevoile sale. Chiar în cele mai însorite locuri ale globului pămîntesc (Egipt, California), el nu poate fi utilizat de cît aproximativ 3000 ore din cele 8700 ale anului. In afară de aceasta, anumiţi factori cum ar fi norii, pot întrerupe în orice moment terapia solară.

Accidente. Razele solare deşi au o influenţă favorabilă asupra organismului, în anumite condiţiuni pot produce şi accidente serioase ca arsurile, insolaţiile şi şocul termic. Să nu se confunde însă insolaţia cu şocul de căldură cînd accidentele sînt produse nu direct de razele solare ci de căldură. De multe ori aceste două acţiuni se interpătrund. Aceste accidente survin mai ales la indivizii debili, obosiţi, anemici, febrili, alcolici şi numai în cursul lunilor de vară cînd acţiunea razelor solare este puternică.

Insolatia este un rezultat al acţiunii directe a r.i.r. asupra creerului, ea putînd produce congestii sau chiar hemoragii la nivelul meningelor sau a sistemului nervos central. Astfel de reacţii pot apare şi în ganglionii nervoşi.

Tabloul clinic este dominat de fenomenele ner-

voase şi care se explică prin tulburările vaso-motorii cerebrale care favorizează fenomenele congestive şi hemoragice. După unii autori, r.i.r. produc tulburări coloidale în lichidele humorale, iar tulburările rezultate ar fi secundare auto-intoxicaţiei. Reacţiile sînt mai puternice deobicei la indivizii blonzi.

Ca fenomene patologice se produc: dureri de cap, tahicardie, palpitaţii, respiraţie frecventă. Bolnavii au senzaţii de căldură la nivelul părţilor expuse razelor solare. Din cauza excitaţiei centrilor nervoşi, ei urinează frecvent se simt obosiţi, astenici, au greţuri vărsături, tulburări senzoriale: auditive şi vizuale, temperatura ridicată (40-42°). Se pot produce şi paralizii ale sistemului nervos, pierderea conştiinţei, tulburări de respiraţie (Cheyne-Stokes), au privirea fixă, pupilele miotice, puls mic filiform, convulsii epileptiforme, după care urmează o stare comatoasă. Uneori bolnavii sînt agitaţi, au halucinaţii, confuzii mintale, delirează. Prognosticul în aceste cazuri este grav, moartea survenind prin paralizia centrilor bulbari. De cele mai multe ori însă evoluţia în cazurile de insolaţie este favorabilă, dar simptomele persistă cîteva săptămîni, caracterizate prin dureri de cap, greţuri vărsături, vîjîituri în urechi, ameţeli, bradicardie. Ori de cîte ori individul este expus din nou razelor solare; fenomenele recidivează avînd un tablou mai grav.

Ca tratament se va aplica ghiaţă sau comprese reci pe cap şi se dau injecţii cu cardiotonice. Se plasează individul la umbră, culcat şi îmbrăcat cît mai uşor.

Arsurile sînt provocate de r.u.v. şi deobicei nu apar imediat, ci numai la cîteva ore după expunerea la soare. Aceste arsuri provoacă o serie de fenomene patologice la nivelul pielei (hiperemie, edem, vezicule, etc.). In acelaş timp se constată şi o stare de astenie generală, dureri de cap, insomnii, febră.

Din cauza acestor mari deficienţe ale razelor solare au început să fie utilizate în locul băilor de soare, lămpile ce sînt bogate mai ales în raze violete şi u.v. Se mai utilizează băile de lumină, băi ce se efectuiază cu lămpi incandescente obişnuite (becuri). Lumina lor conţine o cantitate minimă de raze violete şi u.v., dar este bogată în raze roşii

şi i.r. De aceea acţiunea lor se reduce de fapt la încălzirea corpului fiind astfel indicate acolo unde este nevoie de o sudaţie abundentă.

In fine, în practica medicală se utilizează de multă vreme, administrarea razelor prin filtre colorate. In acest scop, se aşează în faţa izvorului de lumină drept filtru, fie o sticlă roşie sau indigo, acesta lăsînd să treacă din tot spectrul solar numai razele de culoarea filtrului. O atare lumină apropiată de lumina omogenă, are o acţiune bine fătoare în unele afecţiuni (ulcerul gambei, etc.), neexistînd totuşi încă în terapeutică indicaţii precise pentru terapia cu raze monocromatice. Diverselor culori au acţiuni fiziologice diferite, dar deşi din p.d.v. fizic între radiaţii se cunosc cazuri indiscutabile de antagonism, din p.d.v. fiziologic lucrurile nu sînt atît de clare. Se pare că ele numai şi-ar modifica prin interacţiunea lor, aliura generală a fenomenelor. Totuşi se ştie că unele din culori au acţiuni fiziologice diferite. Aşa de ex. culoarea roşie are un efect excitant foarte bine cunoscut. S-a dovedit că lumina roşie acţionează favorabil asupra evoluţiei erupţiilor cutanate, căci închizînd bolnavii de variolă într-o cameră unde nu pătrund de cît radiaţiile unei astfel de culori, se obţine vindecarea fără supuraţie şi prin urmare cu cicatrici abia vizibile. Culoarea albastră posedă o acţiune calmantă asupra sistemului nervos, fapt folosit de medicii psihiatrici. Ea apare a fi utilă deasemenea pentru a combate simptomele dureroase din nevralgiile reumatismale.

şi i.r. De aceea acţiunea lor se reduce de fapt la încălzirea corpului fiind astfel indicate acolo unde este nevoie de o sudaţie abundentă.

In fine, în practica medicală se utilizează de multă vreme, administrarea razelor prin filtre colorate. In acest scop, se aşează în faţa izvorului de lumină drept filtru, fie o sticlă roşie sau indigo, acesta lăsînd să treacă din tot spectrul solar numai razele de culoarea filtrului. O atare lumină apropiată de lumina omogenă, are o acţiune binefăcătoare în unele afecţiuni (ulcerul gambei, etc.), neexistînd totuşi încă în terapeutică indicaţii precise pentru terapia cu raze monocromatice. Diverselor culori au acţiuni fiziologice diferite, dar deşi din p.d.v. fizic între radiaţii se cunosc cazuri indiscutabile de antagonism, din p.d.v. fiziologic lucrurile nu sînt atît de clare. Se pare că ele numai şi-ar modifica prin interacţiunea lor, altiura generală a fenomenelor. Totuşi se ştie că unele din culori au acţiuni fiziologice diferite. Aşa de ex. culoarea roşie are un efect excitant foarte bine cunoscut. S-a dovedit că lumina roşie acţionează favorabil asupra evoluţiei erupţiilor cutanate, căci închizînd bolnavii de variolă într-o cameră unde nu pătrund de cît radiaţiile unei astfel de culori, se obţine vindecarea fără supuraţie şi prin urmare cu cicatrici abia vizibile. Culoarea albastră posedă o acţiune calmantă asupra sistemului nervos, fapt folosit de medicii psihiatrici. Ea apare a fi utilă deasemenea pentru a combate simptomele dureroase din nevralgiile reumatismale.

şi i.r. De aceea acţiunea lor se reduce de fapt la încălzirea corpului fiind astfel indicate acolo unde este nevoie de o sudaţie abundentă.

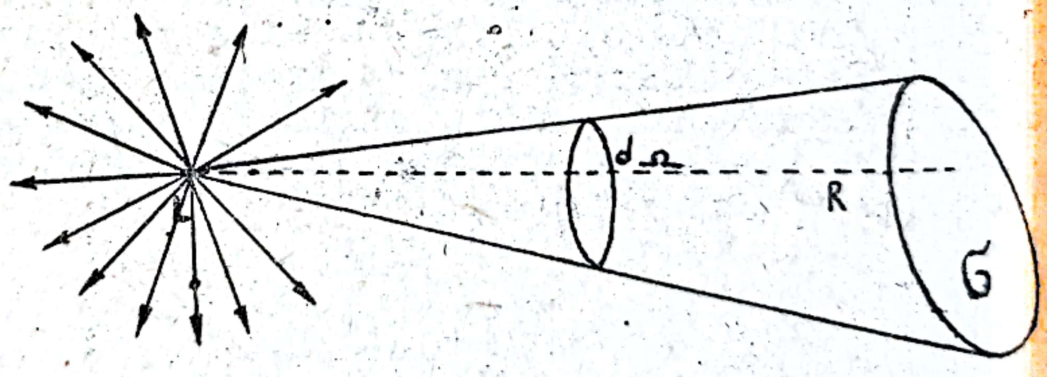
In fine, în practica medicală se utilizează de multă vreme, administrarea razelor prin filtre colorate. In acest scop, se aşează în faţa izvorului de lumină drept filtru, fie o sticlă roşie sau indigo, acesta lăsînd să treacă din tot spectrul solar numai razele de culoarea filtrului. O atare lumină apropiată de lumina omogenă, are o acţiune bine făcătoare în unele afecţiuni (ulcerul gambei, etc.), neexistînd totuşi încă în terapeutică indicaţii precise pentru terapia cu raze monocromatice. Diversele culori au acţiuni fiziologice diferite, dar deşi din p.d.v. fizic între radiaţii se cunosc cazuri indiscutabile de antagonism, din p.d.v. fiziologic lucrurile nu sînt atît de clare. Se pare că ele nu-mai şi-ar modifica prin interacţiunea lor, aliura generală a fenomenelor. Totuşi se ştie că unele din culori au acţiuni fiziologice diferite. Aşa de ex. culoarea roşie are un efect excitant foarte bine cunoscut. S-a dovedit că lumina roşie acţionează favorabil asupra evoluţiei erupţiilor cutanate, căci închizînd bolnavii de variolă într-o cameră unde nu pătrund de cît radiaţiile unei astfel de culori, se obţine vindecarea fără supuraţie şi prin urmare cu cicatrici abia vizibile. Culoarea albastră posedă o acţiune calmantă asupra sistemului nervos, fapt folosit de medicii psihiatrici. Ea apare a fi utilă deasemenea pentru a combate simptomele dureroase din nevralgiile reumatismale.

Fotometrie.

Sub acest nume se înţelege măsurarea luminii.

Senzaţia luminoasă produsă de un ecran luminat depinde de factori numeroşi dintre care, unii sînt proprii sursei de lumină, alţii depind de distanţa dintre sursă şi paravan şi alţii sînt în funcţie de natura suprafeţei luminate, aşa că în practica măsurătorilor figurează cîteva mărimi legate între ele. Alegerea lor este condiţionată de particularităţile aparatelor receptoare care acţionează direct la una sau la alta din aceste mărimi, iar pe de altă parte la formularea legilor teoretice sau a concluziilor practice de multe ori folosirea unora sau altora din aceste mărimi este mai convenabilă. Aşa se explică diversitatea noţiunilor fotometrice cît şi faptul că începem studiul fotometriei cu arătarea mărimilor fotometrice şi a unităţilor lor de măsură.

Fluxul energiei radiante.(Φ) este noţiunea fundamentală ce reprezintă fluxul energiei radiante ce provoacă o senzaţie vizuală, adică cantitatea de energie luminoasă (debitul) ce trece printr-o suprafaţă în unitatea de timp. Dacă ne închipuim o sursă punctiformă (L) în faţa căreia aşezăm o suprafaţă oarecare absorbantă şi dacă măsurăm cantitatea de energie (E) care străbate această suprafaţă în timpul (t), putem măsura energia absorbită:



$$\frac{E}{t} = d\Phi$$

formulă care indică cantitatea de energie ce străbate suprafaţa dată în unitatea de timp, adică putinţa care străbate suprafaţa dată.

Cînd razele cad perpendicular pe o suprafaţă plană oarecare (cum ar fi razele soarelui) fluxul este proporţional cu mărimea suprafeţei. In cazul

fascicolelor divergente emise de o sursă nepunctiformă, ele luminează la fel numai porţiuni de sferă cu centrul în sursă avînd aceiaşi suprafaţă; adică fluxul depinde de mărimea unghiului solid (unghiul în spaţiu) care subîntinde porţiunea respectivă de sferă. Din figura de mai sus se poate înţelege mai bine această concepţie a propagării egale în unghiuri solide egale. In mica suprafaţă sferică de lîngă notaţia $d\Omega$ va fi tot atîta flux cît şi în suprafaţa notată cu σ.

Fluxul luminos are două unităţi de măsură: una fotometrică şi una energetică.

Unitatea fotometrică este lumenul (lm) care este fluxul emis de o sursă punctiformă de o intensitate de o candelă în unitatea de unghi solid - un steradian. (Un steradian este unghiul aşezat cu vîrful în centrul sferei care proiectează pe suprafaţă o porţiune egală cu pătratul razei sferei). Fluxul de un lumen este în funcţie de lungimea de undă a luminii, ochiul avînd o sensibilitate maximă pentru radiaţiile galben-verzi.

Unitatea energetică este watul.

1 L = 1/621 W. pt. λ=0,555μ = 0,00155w

Intensitatea luminoasă (I) reprezintă fluxul raportat la unitatea de unghi solid. Deci:

$$\text{Intensitatea} = \frac{\text{fluxul luminos}}{\text{unghi solid}} = \frac{\Omega}{4\pi}$$

Deaoarece sursele luminii artificiale utilizate în practică şi în general toate corpurile luminoase radiază un flux luminos în diferite direcţii în mod inegal, este necesar de a se măsura difuziunea acesteia în spaţiu, adică intensitatea luminoasă. Noţiunea de intensitate luminoasă indică puterea unei surse (lumînare, soare, etc.).

Ca unitate de măsură a intensităţii luminoase este candela adică 1/60 din strălucirea unui cmp. din suprafaţa corpului negru încălzit la temperatura de topire a platinei.

$$\text{Candela} = \frac{\text{Un lumen}}{\text{un steradian}}$$

Vechea unitate de măsura era lumînarea internaţională care reprezenta intensitatea medie sferică de lumină a etalonului internaţional, stabilit convenţional.

Iluminarea (E) se numeşte fluxul raportat la unitatea de suprafaţă.

$$E = \frac{\text{Fluxul luminos}}{\text{Suprafaţă}} = \frac{\Phi}{S} = \frac{I \cdot \cos\alpha}{R^2}$$

Diferenţa dintre intensitatea luminoasă şi iluminare constă în aceea că prima caracterizează sursa, pe cînd cea de a doua, caracterizează obiectul iluminat. Aceiaşi sursă iluminează mai puternic un obiect apropiat şi mai slab unul îndepărtat, mai puternic o suprafaţă aşejată perpendicular pe razele sale şi mai slab una orientată oblic sau paralel cu aceste raze. Iluminarea este deci direct proporţională cu intensitatea luminoasă.

Ca unitate de măsură este un fot (ph) care corespunde unui flux de un lumen distribuit uniform pe o suprafaţă de 1 cmp. Deci:

$$1 \text{ ph.} = \frac{1 \text{ lm.}}{\text{cmp.}}$$

Pentru scopuri practice se utilizează milifotul (mph) care reprezintă 1/1.ooo dintr-un fot.

Deşi aceste două sînt unităţile de măsură adoptate printr-o convenţie internaţională, se mai utilizează şi astăzi de obicei ca unitate de măsură luxul (lx) ce corespunde unui flux de un lumen distribuit uniform pe o suprafaţă de 1 mp. Deci:

$$1 \text{ lx.} = 10^{-4} \text{ ph} = 10^{-1} \text{ mph.}$$

Luxul se mai defineşte şi ca o candelă răspîndită pe o suprafaţă aşezată la 1 m. depărtare de sursă şi perpendicular pe razele de lumină.

Iluminarea la care lucrează ochiul variază între 10 şi 1000 luxi. Pentru lucrările de amănunt se cere o iluminare de 100 luxi; la lucrări cu maşini de precizie, lucrări de birou, etc. 75 luxi; la citit 50 luxi; coridoare 10 luxi. Trebuie să mai adăugăm că iluminarea este percepută mult mai bine de ochi de cît intensitatea luminoasă.

Strălucirea sursei (B). Pînă acuma am socotit sursa de lumină punctiformă, ori în realitate aproape în toate cazurile orice sursă de lumină are o formă anumită, aşa că este util să se definească strălucirea superficială (sau mai simplu strălucirea) şi care este fluxul pe care-l emite o sursă ne punctiformă într-o anumită directie. Această mărime caracterizează sursa şi este diferită în directii difertite căci o sursă nepunctiformă nu radiază în mod egal în toate directiile. Cunoaşterea strălucirii este necesară la cercetarea surselor de lumină. Ochiul nostru reacţionează nemijlocit la strălucirea

sursei.

Ca unitate de măsură a strălucirii este stilbul (sb) care reprezintă strălucirea unei suprafeţe care dă pe fiecare cm. o intensitate luminoasă de o lumînare internaţională în direcţia normală pe această suprafaţă. Astfel:

$$1\ sb = \frac{1\ lum.int.}{1\ cmp.}$$

Strălucirile diverselor corpuri se deosebesc foarte mult între ele:

strălucirea cerului noaptea fără lună:	cca.10^{-8}	sb
" unei lămpi de neon.....	"0,10	sb
" lunei pline.....	"0,25	sb
" unei lumînări.....	"0,50	sb
" cerului ceţos	"1,00	sb
" unei lămpi de petrol.....	"1,50	sb
" unei lămpi cu gaz.....	"5,00	sb
" fir de cărbune la bec.....	" 50-100	sb
" " metalic de la bec elect....	"150-200	sb
" craterului arcului voltaic...	"15000	sb
" soarelui.....	"150000	sb

Pentru caracterizarea iluminării unei suprafeţe iluminate care difuzează lumina şi devine astfel o sursă secundară, se foloseşte ca unitate apostilbul. Un apostilb reprezintă strălucirea unui difuzor ideal (care difuzează complet şi în toate direcţiile)pe care s-a creiat o iluminare de un lux.

Luminozitatea (S). În strînsă legătură cu strălucirea stă noţiunea de luminozitate care reprezintă o mărime integrală, anume fluxul global emis spre exterior de unitatea de suprafaţă în toate direcţiile. Deci:

$$S = \frac{\text{Fluxul luminos}}{\text{Suprafaţa dată}}$$

Luminozitatea caracterizează tot atît de bine o sursă întinsă în spaţiu, cît şi una punctiformă; numai că la aceasta din urmă luminozitatea este perfect definită de intensitatea luminoasă. Astfel deoarece intensitatea luminoasă reprezintă fluxul în unitatea de unghi solid, iar luminozitatea reprezintă fluxul în tot spaţiul, avem:

$$S = 4\pi I$$

căci spaţiul poate fi considerat ca unghiul solid de 4π radiani.

Intensitatea fluxului luminos (R). Se înţelege mărimea fluxului de lumină ce trece prin unitatea de secţiune aparentă într-o anumită direcţie.

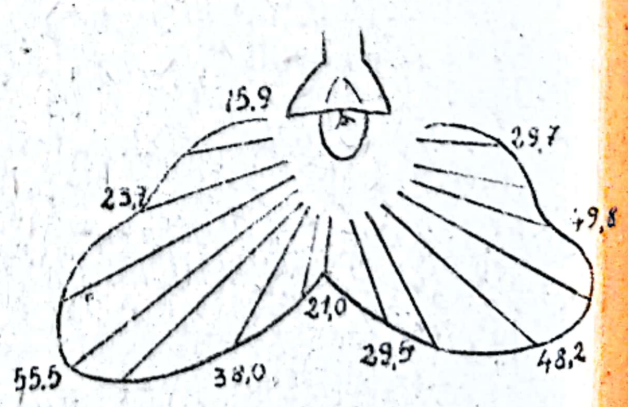
Astfel intensitatea fluxului luminos joacă acelaş rol pentru caracterizarea cîmpului luminos ca şi strălucirea pentru caracterizarea unei suprafeţe luminoase. De aceea ea este numită deseori şi strălucirea fluxului de lumină şi se măsoară tot în stilbi ca şi strălucirea.

S-a căutat să se facă legătura între aceste unităţi practice şi unităţile absolute. Deoarece sensibilitatea ochiului nostru este deosebită faţă de diversele lungimi de undă, factorul de transformare care determină putinţa în watt necesară obţinerii unei senzaţii luminoase egală cu cea provocată de un flux de un lumen, este măsurată pentru intervalul corespunzător sensibilităţii maxime a ochiului (λ = 5.550 Å). Acest factor (A) se numeşte echivalentul mecanic al luminii:

$$A = 0{,}00160 \frac{\text{watt}}{\text{lumen}}$$

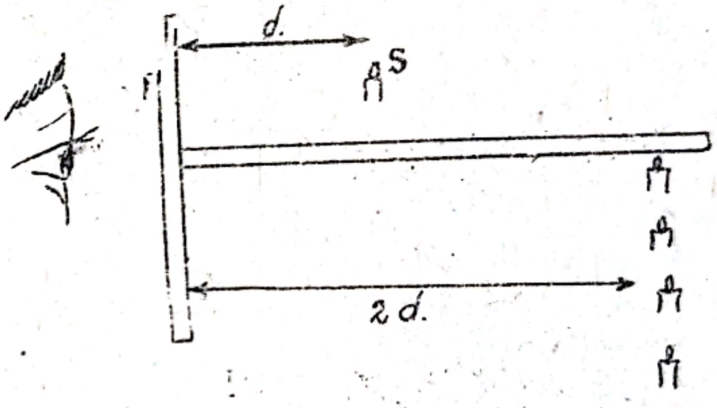
Factori. Experienţa ne arată că:

- o lampă luminează mai bine de cît o lumînare sau decît o altă lampă chiar (natura sursei);
- la o aceiaşi sursă de lumină putem citi mai bine sau mai rău un text oarecare, ceea ce atîrnă de gradul de iluminare;
- un obiect oarecare este cu atît mai bine luminat cu cît este mai aproape de sursa luminoasă;
- deasemenea suprafaţa este cu atît mai bine luminată cînd razele cad perpendicular pe acea suprafaţă decît în cazul în care razele cad oblic;
- luminozitatea depinde de culoarea suprafeţei, căci o suprafaţă albă ne pare mai bine luminată de cît una colorată;
- gradul de iluminare a unei suprafeţe mai depinde şi de direcţia ce o au razele luminoase emise de izvor şi primite de suprafaţa considerată, căci aşa cum se vede din figură, razele luminoase emise în direcţii diferite, au intensităţi luminoase diferite. Dar progresele tehnicei moderne au constat în a înconjura sursa respectivă de lumină cu suprafeţe reflectante sau difuzante în scopul utilizării luminii



emise în direcţii diferite, pentru a obţine o iluminare cît mai bună pe o suprafaţă dată. Astfel, proiectoarele, reflectoarele şi difuzoarele modifică convenabil curba de repartiţie a intensităţii luminoase în spaţiu, de maniera de a realiza o distribuţie optimă a luminii.

Legi. Prima lege a fotometriei arată legătura dintre iluminare şi distanţă. Pentru aceasta ne servim de un paravan (P) separat în două şi deoparte şi de alta al lui să aşezăm deoparte o lumînare la distanţa d şi de cealaltă parte patru lumînări indentice cu prima la distanţa 2d. Cele două jumătăţi ne vor apare egal luminate. În mod analog se constată că 9 lumînări identice aşejate la distanţa 3d produc tot aceiaşi iluminare a paravanului ca şi sursa aşezată la distanţa d. Însemnînd de o parte valorile iluminărilor produse de o aceiaşi sursă luminoasă, iar de altă parte distanţele sursei de la paravan, avem următorul tablou:



Luminări E	Distanţe d
E/4	2d
E/9	3d

Aşa că avem:

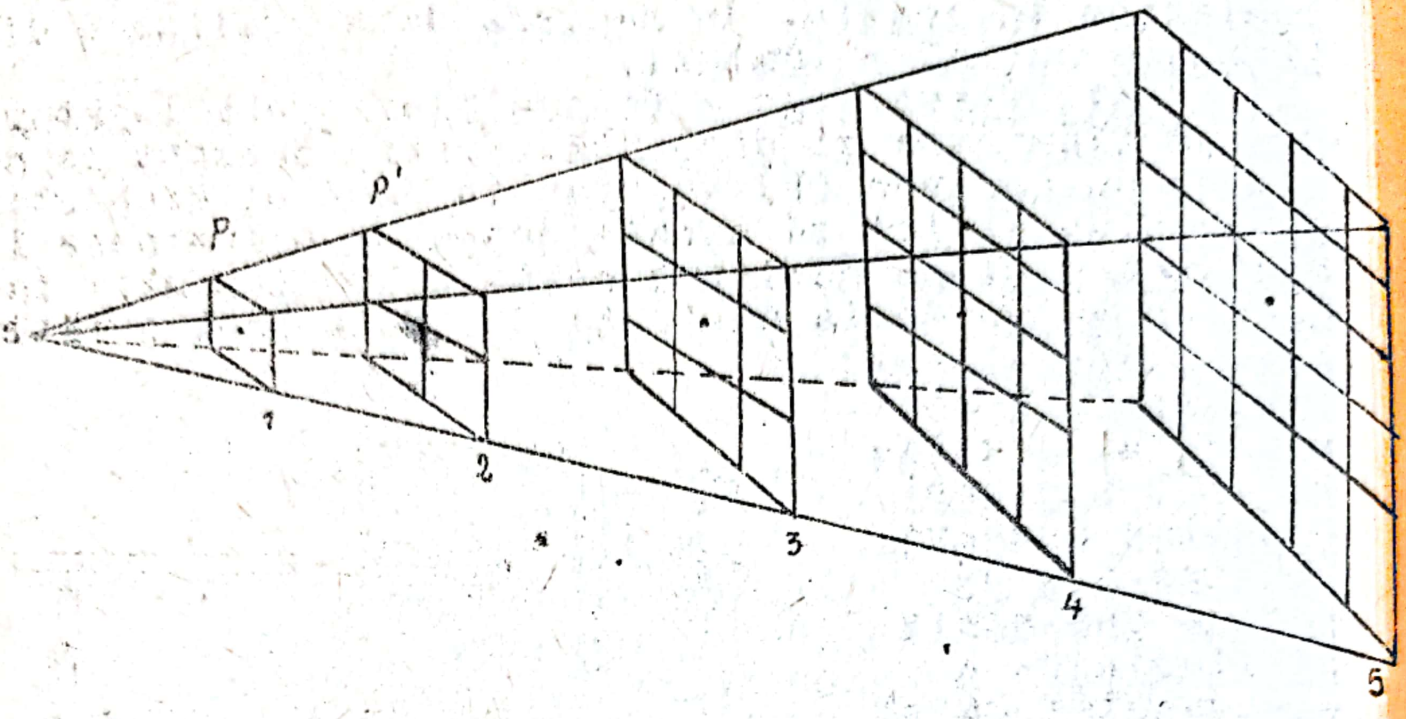
$$\frac{E}{E/4} = \frac{(2d)^2}{d^2} = 4$$

Dacă însemnăm cu E gradul de iluminare normală a suprafeţei, cu I intensitatea luminoasă a izvorului şi cu K un factor de proportionalitate, formula de mai sus se poate scrie:

$$E = \frac{K \cdot I}{d^2} \quad (1)$$

formulă în care se vede că iluminările produse pe unitatea de suprafaţă de un izvor luminos, variază în raport invers proporţional cu pătratul distanţei izvorului de paravan şi direct proporţional cu intensitatea luminoasă a sursei (legea lui Kepler).

Această lege se aplică la sursele punctiforme de lumină. Din figură se vede că atît suprafaţa



P depărtată la 1 cm. de sursa S, cît şi suprafaţa P' depărtată la 2 cm. de sursă, primesc aceiaşi energie luminoasă deoarece, aşa după cum am mai văzut, lumina se propagă radial.

Suprafaţa P' are însă laturile duble, iar după cum se ştie din teorema lui Thales, raportul suprafeţelor este egal cu pătratul raportului laturilor şi deci, suprafaţa P' este de 4 ori mai mare decît P, iar iluminarea pe ea, de 4 ori mai mică, astfel încît se poate scrie:

$$\frac{I'}{I''} = \left(\frac{R}{r}\right)^2$$

Formulă în care: I' = iluminarea pe suprafaţa P; I'' = iluminarea pe suprafaţa P'; r = distanţa de la sursă la suprafaţa P şi R = distanţa de la sursă la suprafeţa P'.

Cînd razele luminoase nu cad perpendicular pe suprafaţa iluminată, ci formează cu normala la această suprafaţă un unghi oarecare (φ), valoarea numerică a iluminării este dată de relaţia:

$$E = \frac{I \cos\varphi}{d^2} \quad (2)$$

Deci iluminarea este direct proporţională cu cosinusul unghiului de incidenţă (legea a doua a fotometriei).

Fotometre. Aparatele care servesc la măsurarea intensității luminoase se numesc fotometre și ele se bazează pe relația arătată mai sus și pe faptul că ochiul nu poate aprecia raportul a două iluminări sau intensități luminoase ci numai egalitatea de iluminare.

Pentru a putea compara între ele două izvoare luminoase din p.d.v. al intensității lor, va trebui să iluminăm simultan cu acele surse, două suprafețe identice, alăturate, așezate la fel față de două surse luminoase. Trebuie să mai presupunem că cele două surse au aceiași culoare căci numai astfel ochiul nostru, poate percepe cu mare precizie egalitatea de iluminare a două suprafețe de aceiași natură.

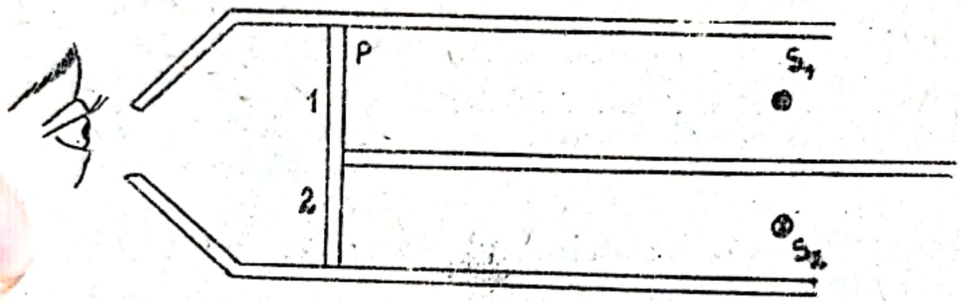
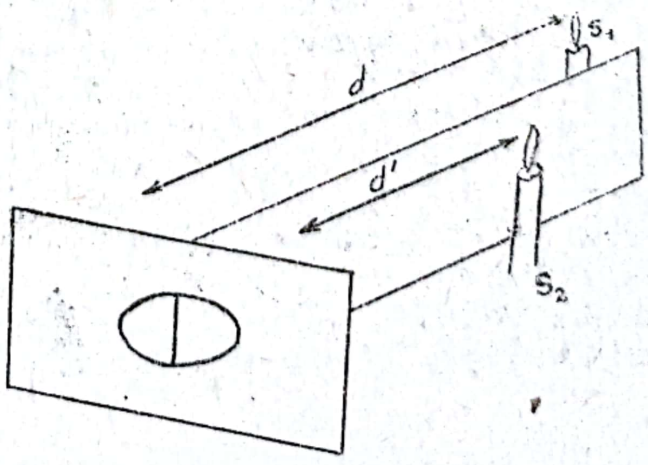


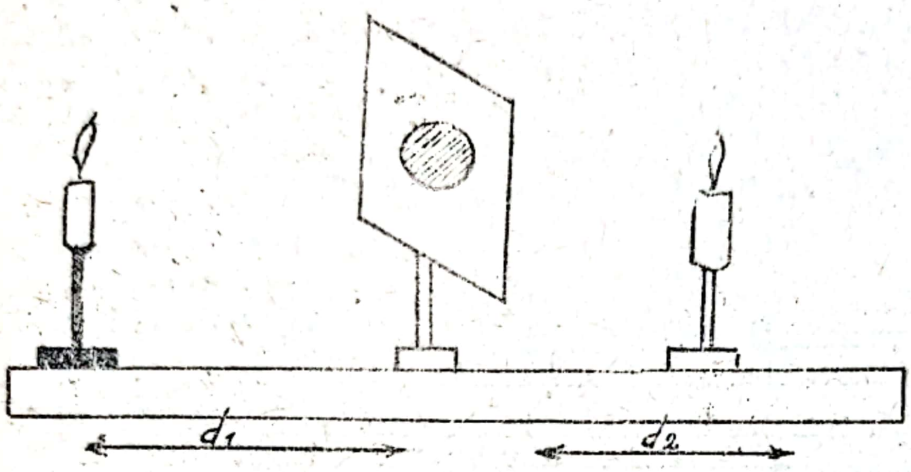
Figura alăturată ne reprezintă schița unui fotometru experimental. P este un paravan translucid. Perpendicular pe paravan și la mijlocul lui, se află un paravan opac și înegrit de o parte și de alta căruia se găsește cîte o sursă luminoasă (S_1 și S_2) ce voim să le comparăm. Fiecare izvor luminează numai o parte (1 sau 2) din paravanul translucid. Cînd ochiul constată că cele două jumătăți (1 și 2) ale paravanului prezintă același aspect luminos și sursele sînt așezate la aceiași distanță, vom spune că sursele au intensități luminoase egale și că prezintă iluminări egale. Să presupunem de ex, că sursa S_2 a cărei intensitate n-o cunoaștem, fiind așezată la distanța d' de paravan, produce aceiași iluminare E ca și un izvor etalon de intensitate cunoscută I, așezat la o distanță d. Astfel avem:

$$E = \frac{I}{d^2} = \frac{I'}{d'^2} \quad \text{sau} \quad \frac{I}{I'} = \frac{d^2}{d'^2} \qquad (3)$$



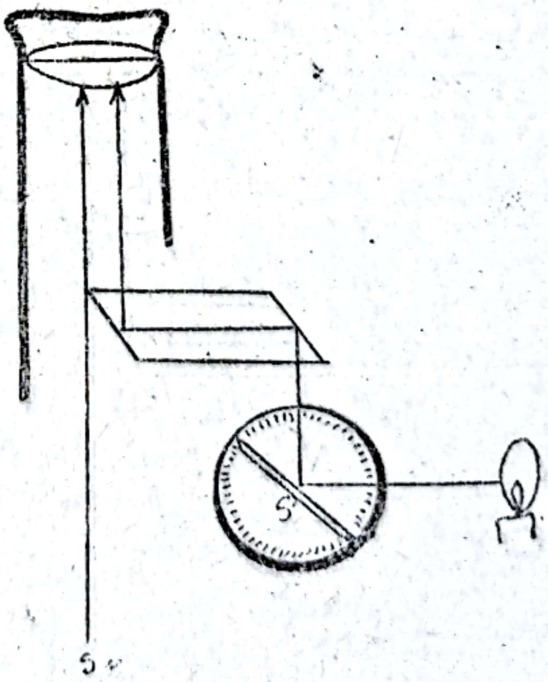
Această relaţie este fundamentală în practica fotometriei.

Un tip de fotometru ca cel descris mai sus este fotometrul lui Foucault. Un alt fotometru, mai simplu, este fotometrul lui Bunsen sau fotometrul cu pată de grăsime a cărei funcţionare se bazează pe faptul că dacă aşezăm o foaie de hîrtie pe care se găseşte o pată de grăsime care dacă este luminată în mod egal de ambele feţe, pata nu mai este percepută pe fondul hîrtiei. Funcţionarea aparatului este uşoară de înţeles examinînd figura de mai sus şi aplicînd relaţia fotometrică.



Există şi fotometre adaptate pentru determinarea directă a iluminării, aşa numitele luxmetre. Deci un luxmetru este aparatul care nu măsoară direct intensitatea luminoasă aşa cum măsoară fotometrele, ci iluminarea unei suprafeţe.

Figura alăturată reprezintă schema unui luxmetru: una din surse este o mică suprafaţă albă (S) situată la locul de lucru şi care are deci aceiaşi iluminare ca şi aceasta. In interiorul unei cutii negre, se află o altă suprafaţă mică albă (S') luminată de o sursă de lumină standart şi care serveşte astfel ca o a doua sursă, astfel ca razele de lumină după ce se reflectă de această suprafaţă



se reflectă total de două ori şi ajung să lumineze o jumătate din cîmpul ocularului. Cealaltă jumătate din cîmp este luminată direct de prima sursă, aşa cum se vede de altfel şi din figură. Suprafaţa S' poate fi rotită cu ajutorul unui mîner cu arătător care se mişcă pe o scară circulară, gradată. Astfel suprafaţa etalon (S') poate fi iluminată sub unghiuri diferite şi deci diferit. Cîmpurile fotometrice de comparat se observă prin lunetă, iar rezultatul se citeşte direct după ce am manevrat de mîner pînă cînd cele două cîmpuri ne apar egal luminate.

În ultimul timp se întrebuinţează cu succes ca luxmetre celulele fotoelectrice.

Aplicaţii.

Dar fotometria, pe lîngă determinarea intensităţii luminoase şi a luminiozităţii, mai serveşte şi la aflarea concentraţiilor diverselor soluţii, lucru extrem de aplicat şi în medicină. Această determinare se bazează pe principiul general că cu cît o soluţie este mai concentrată, cu atît intensitatea luminii care iese din acea soluţie este mai mică, aceasta deoarece absorbţia luminii este efectuată în primul rînd de moleculele solvitului şi mult mai puţin de solvent.

O astfel de determinare de concentraţie se poate face prin una din următoarele 5 metode: fotometria, colorimetria, nefelometria, opacimetria şi turbimetria sau diafanometria.

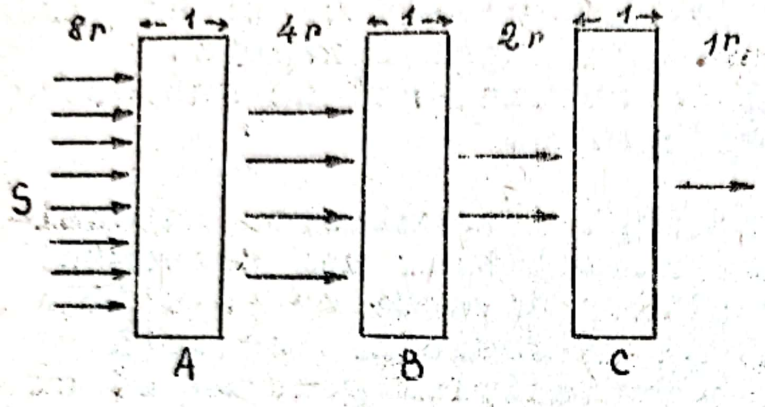
1) Fotometria. Reprezintă în cazul nostru măsurarea intensităţii luminoase retransmise de un mediu absorbant interpus între o sursă de lumină şi aparatul de măsură.

Înainte de a studia principiile călăuzitoare ale acestei metode, să vedem legile care guvernează variaţiile de intensitate luminoasă:

A. În funcţie de grosimea stratului absorbant avem legea lui Lambert: "pentru o lungime de undă dată, grosimile traversate crescînd în progresie aritmetică, intensitatea luminii transmise descreşte în progresie geometrică".

Să considerăm un strat superficial A dintr-un corp absorbant şi să spunem că are o grosime arbitrară l. În acest strat se va absorbi o cantitate de raze din fascicolul incident care are să spunem 8 r. Numai restul neabsorbit va trece mai departe în stratul B (figurat convenţional ca şi celelalte

straturi, la o depărtare oarecare). Să presupunem că în stratul A se absorb 50% din raze. Deci la ieşirea din acest strat vor ieşi 4 r. In stratul următor, B, care are aceiaşi grosime l, se vor absorbi raze evident în aceiaşi proporţie, adică tot 50% din cîte au pătruns în el, şi deci la ieşirea din B, fasciculul va avea intensitatea de 2 r. După acelaş raţionament din stratul C rămîne o intensitate de 1 r, adică a 8-a parte din intensitatea fasciculului S. Dacă considerăm straturile lipite unul de altul, aşa cum sînt în realitate vedem că pe cînd stratul absorbant a crescut luînd valorile o,1,2,3, adică a crescut în progresie aritmetică cu raţia 1, intensitatea (cantitatea) de lumină a scăzut cu valorile 8,4,2 1, adică după progresie geometrică descrescătoare cu raţia 1/2. Deci:



$$I_x = I.e^{-\mu x}$$

formulă în care μ reprezintă coeficientul de absorbţie.

Absorbţia a crescut dar în progresie geometrică crascătoare cu baza 2.

Din cele de mai sus rezultă fie de ex. I intensitat . luminii incidente şi care după ce va străbate un strat de grosimea l va avea intensitatea de:

$$I_1 = I.\frac{1}{n}$$

Dacă va traversa şi un al doilea strat tot de grosimea l, intensitatea va fi:

$$I_2 = I_1.\frac{1}{n} = \frac{I}{n^2}$$

şi aşa mai departe, astfel că dacă traversează (e) straturi de grosimea (l) sau un singur strat de grosimea (e), intensitatea va fi:

$$I' = \frac{I}{n^e}$$

ecuaţii care ne arată lămurit că dacă grosimea (e) creşte în progresie aritmetică, lumina transmisă

descreşte într-o progresie geometrică. Cînd e = 1 vom avea:

$$I' = I.\frac{1}{n}$$

Raportul 1/n este numit coeficientul de transmisie a substanţei date.

B. In funcţie de concentraţia soluţiei avem legea lui Beer: "dacă substanţa absorbantă este o soluţie de o concentraţie C a unui corp absorbant într-un solvent transparent, coeficientul de absorbţie este proportional cu concentraţia ", adică:

$$K = \varepsilon.C$$

formulă în care ε este numit coeficientul de absorbţie specifică.

Dacă acţiunea absorbantă se face simţită electiv asupra uneia sau a mai multora radiaţii spectrale, un astfel de corp care pare incolor sub un strat subţire, va apare colorat dacă se prezintă într-un strat mai gros (apa, aerul, etc.). Chiar dacă o substanţă ce lasă să treacă două sau mai multe radiaţii simple este dotată cu o putere absorbantă inegală pentru fiecare din ele, coloraţia fasciculului transmis va varia în funcţie de grosimea stratului absorbant. O astfel de substanţă este numită dichroică (de ex, sol. de clorură de crom pare verde sub un strat subţire şi roşie sub o grosime mai mare).

Să cercetăm acum cazul cu cele două legi combinate: un fascicol de lumină omogen trecînd printr-un mediu optic clar va suferi o slăbire de intensitate datorită faptului că o parte din intensitatea luminei se transformă în general în alte energii (chimică, termică, fotoliză, etc.). Această absorbiţie depinde de mediu, de lungimea drumului parcurs şi de lungimea de undă a luminii. Pentru lungimi de undă cuprinse între 400 şi 800 m μ absorbţia poate fi neobservabilă sau să producă o culoare de la cenuşiu la negru, după gradul de absorbţie. In mediile colorate, absorbţia se face electiv şi ochiul va percepe culoarea complimentară a radiaţiilor absorbite.

Dacă se trece lumina colorată printr-un mediu cu alte proprietăţi de absorbţie, lumina va suferi o schimbare de ton, iar dacă lumina este monocromatică nu vom avea schimbare de culoare, ci numai o pierdere a intensităţii luminoase. Slăbirea fasciculului

dI este proporţională cu grosimea (g), cu intensitatea luminei incidente (I_o) şi cu factorul (k), ceace se exprimă notînd diferenţial:

$$dI = -kI_o dg$$

de unde:

$$\frac{dI}{I_o} = -kdg$$

integrînd:

$$\log.\frac{I}{I_o} = -kg \qquad \log. I_o - \log I = kg$$

sau:

$$I = I_o.e^{-kg} \qquad (1)$$

formulă în care (e) reprezintă baza logaritmilor naturali (neperieni) şi este egal cu 2,71828; k coeficientul de absorbţie pentru o anumită lungime de undă şi g grosimea în cm. a stratului absorbant.

Deoarece se utilizează mult mai comod logaritmii zecimali, Bunzen îi introduce pe aceştia în formula de mai sus, care astfel devine:

$$I = I_o.10^{-kg} \qquad (2)$$

Pe de altă parte, cum legea lui Beer a stabilit că absorbţia este proporţională cu concentraţia, se capătă formula:

$$I = I_o.10^{-hc} \qquad (3)$$

Combinînd această formulă cu precedenta (2), obţinem:

$$I = I_o.10^{-khcg} \qquad (4)$$

Dacă considerăm grosimea (g) a lichidului în cm. (1 cm.) şi concentraţia (c) în molecule - gram la litru, adică dacă aceste două valori le socotim egale cu unitatea, formula se simplifică mult şi căpătăm:

$$I = I_o.10^{-kh} \qquad (5)$$

Această valoare kh devine astfel coeficientul de extincţie molară şi se notează cu ε. Deci:

$$I = I_o.10^{-\varepsilon}$$

In rezumat, absorbţia nu depinde decît de produsul dintre concentraţie şi grosimea stratului absorbant exprimată în cm.; altfel zis, fiecare moleculă absoarbe aceiaşi fracţiune de lumină, fără să fie influenţată de vecinătatea altor molecule. Deci

dacă lăsăm grosimile stratului absorbant invariabile, este posibil ca prin determinarea intensităţii luminoase energente, să aflăm concentraţia ori cărei soluţii. Aceasta este de altfel principiul călăuzitor al determinărilor fotometrice de concentraţie.

In practica fotometriei se întîlnesc mărimi diferite, de aceea trebuie să facem cunoştinţă şi cu ele.

Dacă presupunem un flux luminos monocromatic de o intensitate (I_o) ce cade pe un ecran sau o soluţie absorbantă ce va reţine o parte din fluxul luminos, intensitatea luminii transmise va fi (I), aşa că putem spune că raportul I/I_o reprezintă transparenţa (T) a mediului şi ea ne arată că fiecare ecran identic aşezat în spatele primului absoarbe aceiaşi iracţiune de flux. Această transparenţă este o funcţie logaritmică, aşa că putem scrie:

$$T = e^{-k}$$

Raportul invers, adică:

$$\frac{I_o}{I} = \frac{1}{T}$$ reprezintă opacitatea (O) mediului.

Deoarece însă absorbţia nu reprezintă o funcţie absolut liniară ci una logaritmică, se utilizează ca valoare, densitatea optică ce nu este altceva decît logaritmul opacităţii şi cum este mai uşoară întrebuinţarea logaritmilor vulgari, formula se scrie:

$$\frac{I}{I_o} = 10^{-D}$$ de unde $D = \log. \frac{I_o}{I}$

Această mărime numită densitate optică este de un uzaj foarte obişnuit şi comod, căci dacă se adaugă ecrane de densităţi respective d, d', d", etc., avem ca densitate rezultantă: D = d + d' + d".....
Cum densitatea reprezintă logaritmul opacităţii, o mai putem numi şi -log. T sau E (extincţia) şi este astfel direct proportională cu concentraţia (c), cu grosimea stratului absorbant (g) şi mai depinde şi de o constantă (ε) ce reprezintă un factor de proporţionalitate ce este diferit pentru fiecare solvit în parte (depinde deci de natura solvitului). Aşa că putem scrie:

$$E = \varepsilon . c . g$$

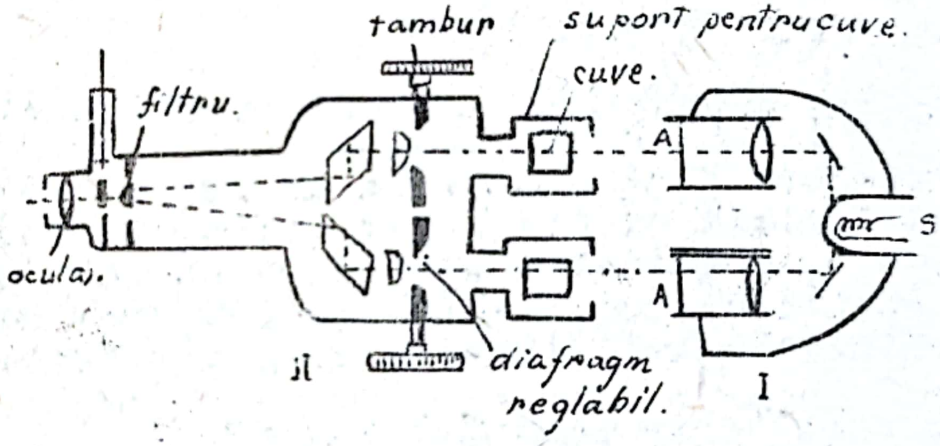
Se poate astfel caracteriza un absorbant fie prin transmisia sa (I/I_o), fie prin absorbţia s

(I_o/I) sau prin absorbţia relativă ($\frac{I_o - I}{I_o}$) procentuală dacă se socoate I_o = 100.

Astfel o absorbţie I_o/I = 10 corespunde la o absorbţie procentuală de 90% şi la o densitate optică D = 1. Dacă I reprezintă fluxul procentual transmis (în cazul nostru = 10), vom avea: D = 2 -log I.

Fotometrul Pulfrich Zeiss. Este aparatul care prin simplicitatea şi precizia lui a intrat mult în practica medicală de laborator. De aceia îl vom descrie numai pe el.

Aparatul este format dintr-o sursă de lumină (un bec electric S) de la care vin două fascicole de lumină ce se reflectă de două oglinzi plane prin nişte lentile ce transformă fasciculele de raze din divergente în paralele. In continuare lumina trece prin nişte filtre (A) ce absorb o parte din radiaţiile luminoase. Tot acest ansamblu formează partea I-a a aparatului.



Partea a II-a a aparatului este formată din două cuve cu pereţii paraleli, în care, în una se pune soluţia de analizat, iar în cealaltă soluţia etalon. Conform legii lui Beer, cuvele trebuie să aibă aceiaşi grosime. Partea cea mai importantă a aparatului o formează două diafragme reglabile aşa zise ochiul de pisică cu ajutorul cărora se poate face o absorbţie reglabilă a intensităţii luminoase, astfel ca cele două cîmpuri să ne apară egal iluminate. Diafragmele sînt reglate de la exterior prin intermediul a două tambure pe care se pot citi gradele de absorbţie iar la fotometrele mai noi, concomitent şi extincţiile. Dacă tamburele nu au indicate decît gradele de absorbţie (A), extincţia (E) se află din formula:

$$E = \log \frac{1}{1 - \frac{A}{100}}$$

In continuare, razele de lumină sufăr o dublă

reflecţie totală prin intermediul a două prizme romboedrice, străbat printr-un filtru monocromatic ce lasă să treacă numai o lumină absolut monocromatică. Un filtru ideal trebuie să fie fabricat dintr-o sticlă superioară colorată omogen în toată masa ei, să fie stabil şi pur din p.d.v. spectral, dar avînd totuşi transparenţa necesară pentru a asigura o mare sensibilitate. Filtrele spectrale sînt de diferite culori, lăsînd să treacă în mod corespunzător raze de lumină cu diferite lungimi de undă şi sînt notate cu S sau L. Filtrele S absorb puternic lumina şi se întrebuinţează pentru soluţiile slab absorbante, iar filtrele L se utilizează pentru soluţiile care absorb puternic lumina, deci acestea lasă să treacă prin ele o cantitate mare de raze. După această literă urmează o cifră de ex. S 47, S 53, L 37, etc. Această cifră arată ce porţiune de lumină este lăsată să treacă şi lungimea ei de undă corespunzătoare. De ex. S. 47 lasă să treacă raze de lumină din banda lui 47o Å. Cifra a treia nu este indicată deoarece filtrul lasă să treacă lumina cu lungimi de undă diferite cu aproximativ de 1o - 12%. Filtrele din seria S sînt: S 43 = violet; S 47 = indigo; S 5o = bleu-verzui; S 53 = verde-gălbui; S 57 = galben; S 61 = portocaliu; S 66 = roşu; S 72 = roşu; S 75 = cărămiziu.

In fine, fiecare fascicol, luminează cîte o jumătate din cîmpul ocularului. Pentru ca lumina exterioară să nu jeneze observaţia, celălalt ochi se fixează într-o montură specială anexată ocularului prin care privim.

Tehnica de lucru este foarte mult diferită în funcţie de soluţia de cercetare. Noi vom indica numai tehnica generală. Pentru aceasta trebuie mai întîi să ne asigurăm dacă cele două tambure fiind puse la zero, ocularul este egal luminat, bineînţeles cuvele fiind absolut goale. In una din cuve punem apoi soluţia de cercetat iar în cealaltă solventul sau soluţia etalon. Ocularul ne va arăta o inegalitate de tentă din cauza deosebirii de absorbţie. Pentru a aduce la egalitate, vom învîrti tamburul din dreptul solventului. In momentul egalizării citim direct pe tambur extincţia. Pentru siguranţă repetăm această operaţie de cîteva ori, luînd media extincţiilor găsite. Deoarece trebuie să aflăm coeficientul de extincţie şi cum ştim că acesta se raportează la o grosime de lichid de un cm., vom face următorul calcul: de ex. la o

grosime de 2 cm. am găsit o extincţie de 0,302. Coeficientul de extincţie (k) va fi 0,302/2=0,151. Trebuie să mai adăugăm că grosimile cuvelor trebuiesc luate astfel, încît extincţiile să aibă valorile cuprinse între 0,2 şi 1,0-1,3 (permeabilitatea între 70% şi 5%). Este bine să schimbăm locul cuvelor între ele şi să repetăm determinarea. Luăm media valorilor găsite. In acest fel de a proceda, extincţia este dependentă de orice asimetrie optică. Odată stabilită extincţia E' a unei sol. de concentraţie cunoscută (C'), vom putea afla o concentraţie necunoscută (C") determinîndu-i extincţia E" corespunzătoare, cu ajutorul formulei:

$$C'' = C' \cdot \frac{E''}{E'} = \frac{C'}{E'} \cdot E''$$

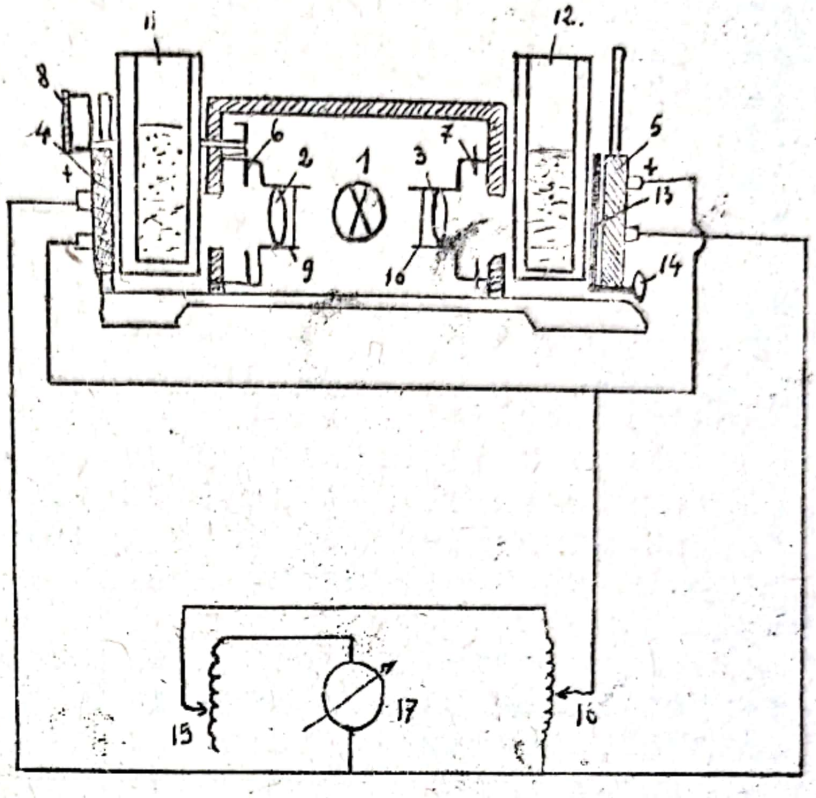
Bine înţeles că amîndouă extincţiile trebuiesc determinate cu aceiaşi grosime de cuvă şi aceiaşi lungime de undă (acelaşi filtru).

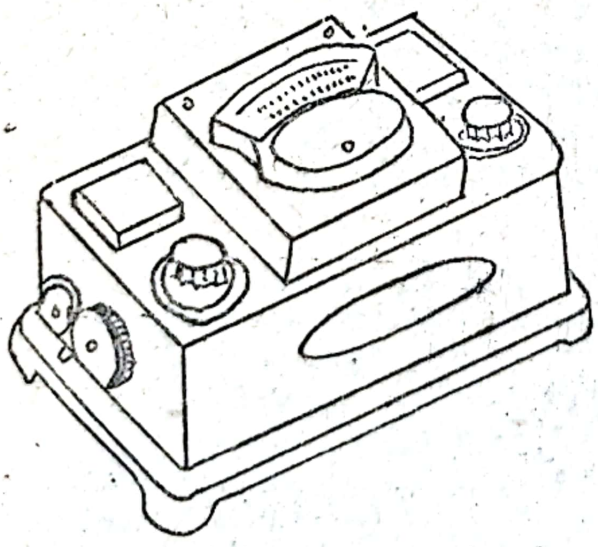
Pentru a nu fi siliţi să preparăm întotdeauna o sol. cu titru cunoscut, se poate constui o curbă în funcţie de extincţie şi concentraţie. Curba trebuie să aibă un aspect cît mai rectangular, lucru care se realizează utilizînd un filtru complimentar sol. de analizat.

Electrofotometrele. Metoda fotometrică deşi este de o precizie mare, totuşi este supusă erorilor provenite din cauza subiectivităţii examinatorului. Pentru a se înlătura acest defect, trebuie să recunoaştem din cele mai importante, s-au imaginat fotometrele electrice sau electrofotometrele, la care în determinare nu mai intervine subiectivismul ochiului examinatorului ci celula fotoelectrică sau celula cu strat de oprire ce transformă intensitatea luminoasă ce o primeşte, într-un curent electric uşor măsurabil cu ajutorul unui galvanometru care însă, în loc să fie măsurat în grade de intensitate electrică, este măsurat în grade de absorbţie, respectiv de extincţie.

Electrofotometrul Lange a fost pînă de curînd fotometrul cel mai utilizat. El este format din două celule fotoelectrice ce sînt legate în opoziţie. Schema lui de construcţie este următoarea: razele lămpii (1) făcute paralele de două lentile (2 şi 3) traversează cuvele cu soluţia de cercetat (12) şi solventul (11) şi întîlnesc două fotoelemente cu seleniu (4 şi 5). Aparatul mai are 2 diafragmente (6 şi 7), dintre care, cea din stînga (6) este în legătură cu un tambur gradat (8) ce are rolul, ca prin învîrtirea lui,

să regleze cantitatea de lumină ce ajunge la celula fotoelectrică din partea respectivă. Pentru a proteja lentilele şi în acelaşi timp ca suport pentru filtrele colorate, se găsesc doi cilindri (9 şi 10). Un oblon (13) prin intermediul unui buton de comandă (14), poate acoperi celula fotoelectrică din dreapta. Reglajul cadranului aparatului de măsură (17) se face prin două rezistenţe variabile cu cursor (15 şi 16). Ca sursă de lumină poate servi o lampă alimentată de la reţeaua oraşului, cînd este bine să se interpue şi un stabilizator de curent, fie un acumulator de 4–6 v. In general, o lampă de 4 W este suficientă. Se mai pot utiliza şi lămpile spectrale. Ca filtre se utilizează cele de culoarea complimentară celei a soluţiei de examinat (pentru lampa de u.v. se utilizează filtre negre iar pentru lampa de Hg se vor izola razele galben, verde şi violet prin filtre apropiate).





Tehnica de lucru: se iau două cuve cu aceiaşi grosime şi se umple amîndouă cu solventul pur. Se reglează astfel ca acul galvanometrului să fie la 0. Se acoperă apoi fotoelementul din dreapta cu oblonul pentru ca acul să deviezze spre dreapta pînă la diviziunea 100 (absorbţie

totală). Dacă acul nu ajunge exact la loo, se manevrează rezistenţele variabile (15 şi 16) dintre care, cea din stînga (15), este rezistenţa care ne dă deplasările fine ale acului, iar cea din dreapta (16) este rezistenţa grosolană. Inseamnă astfel că pentru fiecare defiere de o diviziune de pe cadran, va corespunde o absorbţie de 1%. Aceasta este metoda de lucru aşa zisă a deviaţiei. Toate celelalte metode ca: deviaţie cu sensibilitate amplificată, metoda comparării (substituţiei) şi metoda la O prin compensaţie, nu sînt altceva de cît o continuare a acestei metode de bază.

Pentru lichidele ce au solvitul colorat în solvent colorat, se utilizează cuve duble (2 a 5o cc) ce se pun una în faţa celeilalte. Astfel de exemplu se poate determina pH-ul substanţelor colorate.

Fotometrele electrice dau o precizie în determinări de cîteva zecimi de procente. In măsurătorile efectuate cu o lumină monocromatică şi prin aplicarea unei metode de obscuratism înconjurator real, precizia ajunge pînă la cîteva sutimi de procente. Precizia nu se limitează ca în cazul colorimetriei la o regiune spectrală bine determinată, căci soluţiile de culoare roşie sau albastră sînt tot aşa de favorabile electrofotometriei cu elemente fotoelectrice cu seleniu. Alt avantagiu mai constă şi din faptul că se pot face determinări precise şi în regiunile i.r. şi u.v., putîndu-se înregistra rezultatele obţinute. Rapiditatea măsurătorilor fotoelectrice permit observarea stărilor ce se modifică cu timpul, astfel că este posibil de a face determinări ce se apropie de cinematica reacţiilor.

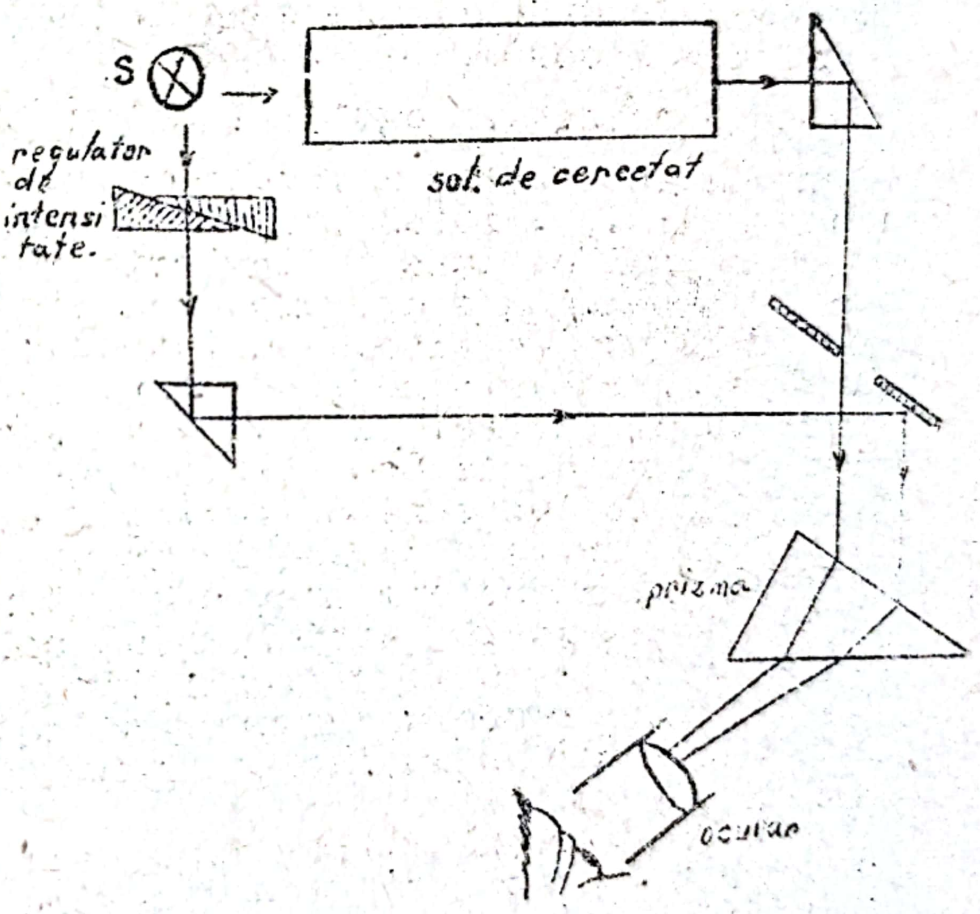
Spectrofotometrele. Diversele surse de lumină albă diferă între ele nu numai datorită intensităţii lor luminoase ci şi prin compoziţia lor spectrală. Pentru a putea fi comparate cu precizie din acest p.d.v. ne servim de aparatele numite spectrofotometre care permit astfel compararea intensităţilor diverselor radiaţii emise de două surse prin suprapunerea spectrelor furnizate de fiecare dintre ele.

Dar ca şi celelalte aparate descrise anterior şi acestea au intrat în practica determinărilor de concentraţie, căci putem face determinarea gra-

dului de absorbţie spectrală şi apoi să comparăm acest grad cu lichidul a cărui concentraţie vrem s-o aflăm.

Metoda spectrofotometrică se bazează pe faptul că orice soluţie prezintă benzi de absorbţie în spectru. Cu cît o soluţie este mai concentrată, cu atît benzile de absorbţie vor fi mai întunecate, astfel încît variind concentraţiile, sau ceea ce revine la acelaş lucru, grosimile stratului de lichid de examinat, se ajunge la egalizarea tentelor benzilor de absorbţie şi astfel putem să dozăm materiile colorate şi în general orice soluţie colorată.

Astfel cînd vrem să determinăm absorbţia diferitelor radiaţii în lichidul de examinat, deşi se pot utiliza aparate destul de complicate, toate au ca scop compararea cu ajutorul unui spectroscop, aşa cum se vede şi din figură, a două fascicole a unei aceleiaşi regiuni spectrale, dintre care una trece prin soluţia de cercetat, iar alta prin-



tr-un mediu căruia îi putem varia grosimea aşa cum vrem, se ajunge astfel să se egalizeze cele două intensităţi şi să putem măsura absorbţia succesiv pentru fiecare regiune spectrală în parte.

Un spectrofotometru în lumină vizibilă (Jobin şi Yvon) cuprinde:

- un colimator cu o fantă;
- o lentilă ce transformă fasciculul de raze din

divergente în paralele;

-un sistem de prizme cu reflexie totală ce împarte fasciculul de lumină în două şi le îndreaptă: unul printr-o cuvă cu pereţii paraleli ce conţine soluţia de examinat, altul printr-un sistem compensator format din doi nicoli încrucişaţi, dintre care unul mobil prezintă o scară gradată circulară;

- o prismă ce dispersează cele două fascicole de lumină, fiecare dînd cîte un spectru;

- un obiectiv ce permite observarea celor două spectre juxtapuse.

Pentru lungimi de undă variabile , se examinează datorită ocularului, intensitatea luminoasă a cîmpurilor ce corespund, reperate prin imaginea unei micrometru şi se stabileşte egalitatea de tentă acţionînd asupra nicolului mobil, învîrtindu-l. Este uşor de stabilit că după legea lui Malus:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

de unde rezultă: $\log. \frac{I_0}{I} = 2 \operatorname{colog.} \cos \alpha$

formulă în care: I = intensitatea fluxului ce iese din cuvă; I_0 = intensitatea fluxului primitiv şi α = unghiul cu care am învîrtit nicolul.

In tehnica spectrofotometrică au apărut posibilităţi noi de cînd s-au introdus aparate de analiză spectrală în regiunea infraroşului şi a ultravioletului. Astfel în u.v. s-a ajuns pînă la 133 $\mu\mu$ iar în i.r. de la 800 - 16.000 $\mu\mu$.

Cînd se lucrează cu radiaţii u.v. trebuie să utilizăm sisteme optice în cvarţ şi să întrebuinţăm un mijloc de comparaţie a intensităţilor cu un principiu diferit. Astfel modul cel mai sigur de lucru este acela al varierii timpului de expunere fotografică a uneia dintre fascicolele de lumină astfel încît să se obţine pe placa fotografică o egalitate de tentă.

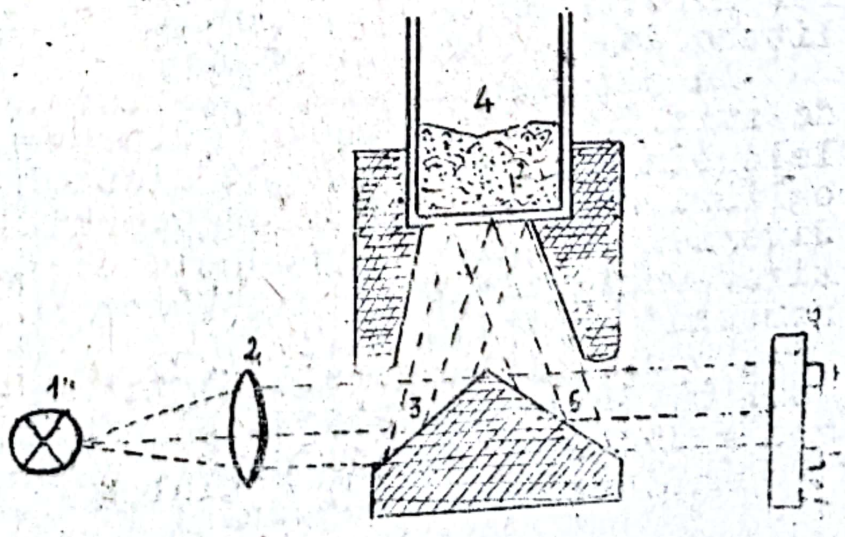
In cazul radiaţiilor i.r. care sînt absorbite de sticlă, prizma se face din sare gemă, iar lentilele sînt înlocuite de un sistem optic format din oglinzi aurite. Evaluarea energiilor ce corespund diverselor regiuni spectrale se face măsurînd încălzirea unei pile termoelectrice conexată la un galvanometru sensibil.

Spectrofotometrele permit efectuarea de măsurători cu multă comoditate şi exactitate şi cu un mic consum de timp. Aşa ea permite recunoaşterea prezenţei

unui element chimic oarecare cu o precizie remarcabilă, căci cîte odată unele linii spectrale sînt de recunoscut pentru un element în concentraţie de 1 la 100.000 fără posibilitate de a ne înşela. Spectrofotometria în domeniul u.v. pare interesantă în special din p.d.v. biologic. Citäm de ex.modificările spectrului de absorbţie ale sterolilor sub acţiunea r.u.v.: în soluţie alcoolică slabă, se observă o bandă de absorbţie ce se întinde între 0,3022 şi 0, 2600 μ. După iradiere această bandă creşte spre lungimele de unde scurtă pînă la 0,2378 μ. Se pare însă că nu există un paralelism între modificările spectrale şi activitatea biologică căci aceasta din urmă trece printr-un maxim în timp ce spectrul încă nu şi-a schimbat aspectul.

Pe o metodă spectrofotometrică, Henocque a bazat determinarea hemoglobinei din sînge. In adevăr există o oarecare grosime de sînge arterial pentru care cele două benzi de absorbţie ale oxihemoglobinei sînt egale ca intensitate. Această grosime este în funcţie de cantitatea de hemoglobină. Pentru o grosime mai mică sau mai mare este mai intensă una dintre benzi. Pentru a face o astfel de determinare se aşează sîngele într-o cuvă mică prizmatică formată din două lame de sticlă, între care se introduce cîteva picături de sînge. Se trece apoi cuva sub un mic spectroscop cu viziune directă aşezat vertical şi se caută grosimea la care cele două benzi au intensităţi egale. O gradaţie făcută pe una din lamele de sticlă ne arată concentraţia sîngelui examinat în hemoglobină. (detalii asupra acestui aparat se vor vedea la cap. nefelometria).

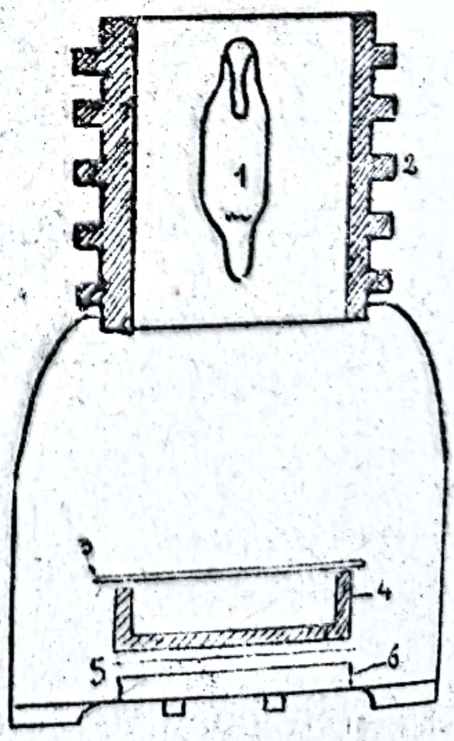
Fotometria prin lumină reflectată. Se poate face la corpurile pulvurulente şi solide. Un mijloc extrem de simplu de acest mod este următorul: razele lămpii (1) traversează lentila (2) şi sînt reflectate de o oglindă prizmatică (3) pe pudra ce se găseşte într-o cuvă (4). Proporţional cu albeata



şi puterea reflectantă, o parte din razele luminoase sînt retrimise de o a doua prizmă (5) şi de aci pe o celulă fotoelectric (6).

Fotometria cu fluorescenţă a căpătat în ultimul timp o importanţă din ce în ce mai mare căci un număr enorm de mare de substanţe devin fluorescente sub acţiunea r.u.v. Această metodă se aplică mai ales la dozarea proteinelor şi a derivatelor lor, a alcaloizilor, vitaminelor, hormonilor, etc. Se ştie că atomii substanţelor fluorescente sînt transformaţi sub acţiunea unei radiaţii primare, într-o stare instabilă prin absorbţie de energie luminoasă şi emit o fluorescenţă secundară pînă cînd revin la starea normală. Deoarece energia emisă de atomii fluorescenţi este mai mică sau cel mult egală cu cea absorbită, lungimea de undă a radiaţiei absorbite trebuie să fie mai mare sau minimum egală cu cea a radiaţiilor absorbite. Deoarece absorbţia şi fluorescenţa sînt strîns legate, curbele spectrelor de absorbţie şi de fluorescenţă sînt superpozabile în marea majoritate a cazurilor. Există însă şi excepţii.

Aparatele propuse pentru analiza optică prin fluorescenţă sînt foarte numeroase. Vom descrie numai colorimetrul fotoelectric cu fluorescenţă Lange deoarece este de o construcţie foarte simplă: o lampă de qvartz (1) se găseşte într-un tub metalic cu aripioare de răcire (2). Razele emise de această lampă traversează un filtru negru (3) permeabil numai pentru r.u.v. Sub acest filtru se găseşte soluţia de cercetat (4) iar sub ea un filtru galben (5) şi apoi un fotoelement (6). Filtrul galben absoarbe r.u.v. astfel încît celula nu primeşte de cît razele provenite dela fluorescenţa soluţiei. Soluţia trebuie să se găsească într-un recipient de 5 cm. diametru ca să acopere întreaga celulă şi în acelaşi timp toate aceste piese afară de lampă, trebuie să fie aprcpiate una de cealaltă.



Colorimetria.

Înseamnă de fapt măsurarea culorii şi deci ea nu poate fi aplicată de cît la aflarea concentraţiilor soluţiilor colorate prin compararea intensităţilor de culoare a unor soluţii de concentraţie diferite.

Aceste soluţii se împart în două mari grupe:

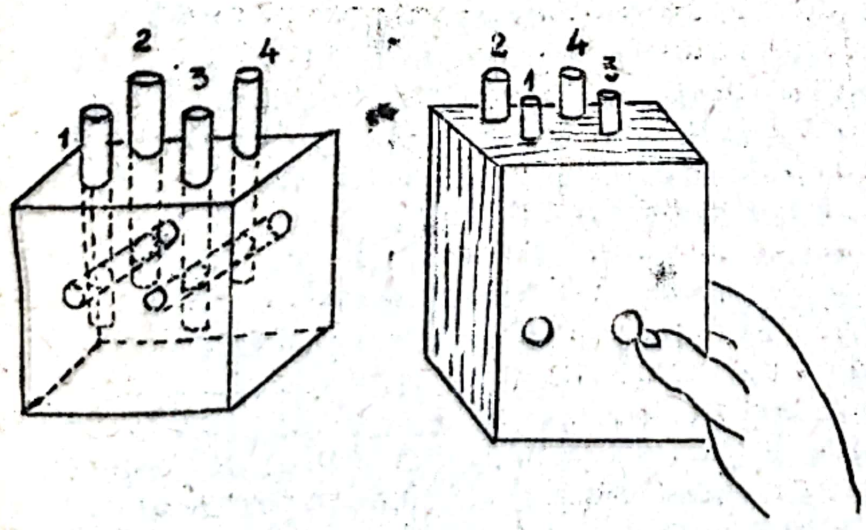
- Au culoare proprie şi disolvantul este incolor. După natura solvitului pot fi: anorganice ($CuSO_4$, iod în sulfură de carbon, brom în cloroform, etc.) şi organice (iodoform, săruri de roz anilină), substanţe fiziologice vegetale (indigo; curcuma) şi animale (hemoglobină, urobilină, etc.).

- Dau soluţii colorate sub influenţa reactivilor. Si ele se împart în anorganice (săruri de cupru cu amoniac) şi fiziologice (acid uric în prezenţa cianurilor, etc.).

Diversele colorimetre au la bază următoarele principii:

I. Metoda seriilor de soluţii etalon sînt cele mai simple colorimetre şi funcţionează pe principiul comparării sub aceiaşi grosime de lichid, a două soluţii, dintre care una cu o concentraţie cunoscută astfel încît să căpătăm prin comparare, aceiaşi tentă de culoare. Bineînţeles că în acest caz, concentraţia soluţiei de cercetat va fi egală cu cea a soluţiei etalon.

Comparatorul lui Walpole este format dintr-un bloc de lemn prevăzut cu patru găuri verticale în care se introduc patru eprubete ce conţin următoarele: eprubeta din stînga şi din faţă(1) conţine soluţia de cercetat(6 cm) şi un indicator comvenabil ales (1 cmc.); eprubeta din stînga şi din spate(2) conţine 7 cmc. apă distilată; eprubeta din dreapta şi din faţă (3) conţine aceiaşi soluţie de cercetat (6 cmc) şi 1 cmc. apă distilată. Se observă astfel că epru-

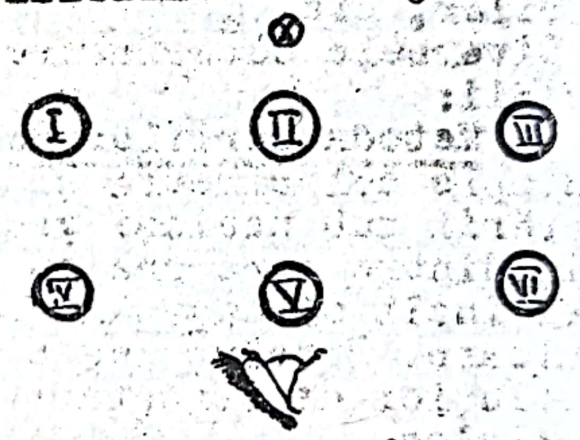


beta 1 şi 3 au aceiaşi concentraţie (aceiaşi diluţie). Eprubeta din dreapta şi spate conţine numai indicator şi anume acelaşi cu acela introdus în eprubeta nr.1.

Observarea se face prin două găuri dispuse orizontal şi care trec fiecare prin cîte două eprubete astfel că de o parte şi de cealaltă se găsesc aceleaşi substanţe, adică de o parte soluţie + indicator şi apă, iar de cealaltă parte soluţie + apă şi indicator.

In partea opusă celei prin care privim, comparatorul are o sticlă mată pentru a absorbi lumina dacă este prea intensă şi o sticlă albăstruie care are rolul de a ne da o mai mare precizie în perceperea deosebirilor de nuanţe de culoare.

Pentru o precizie şi mai mare se fac comparatoare cu 6 orificii: în orificiile din mijloc se pune exact la fel ca şi în eprubetele 1 şi 2 din comparatorul cu 4 orificii. La fel se procedează şi cu orificiile din partea dreapta. In partea stînga, în orificiul din spate (I) se montează o eprubetă cu o concentraţie cunoscută, dar mediat mai mare sau mai mica decât cea pusă în III.



In felul acesta se pot determina şi valorile intermediare în cazul în care soluţia de cercetat n-are o tentă egală cu niciun tub cu indicator, ci una intermediară între două valori cunoscute.

Avantagii: este o metodă simplă prin aceea că nu cere un aparetaj complicat ci unul foarte simplu; însăşi manipularea este foarte simplă.

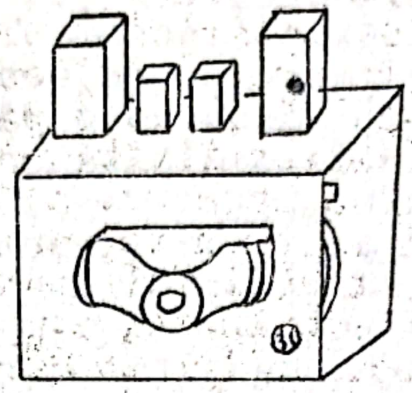
Desavantagii: este o metodă destul de imprecisă

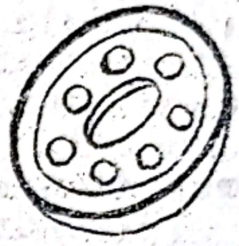
Colorimetrul Hellige este în mare măsură asemănător comparatorului lui Walpole. El prezinta tot 4 orificii aşezate două cîte două unele în spatele celorlalte. Orificiile şi eprubetele sînt pătrate, ceeace permite o observaţie mai uşoară. In faţa eprubetelor se fixează pe un suport cilindric, un etalon colorat ce acoperă numai partea stîngă a colorimetrului. Soluţia de cercetat se pune în cuva din dreapta, iar în stînga se pune solventul ca atare. Etalonul

colorat este specific fiecărei substanţe de cercetat şi se învîrte de acesta pînă cînd cele două cîmpuri ale ocularului aparatului au aceiaşi nuanţă. Rezultatul se citeşte într-un mic orificiu plasat deobicei la dreapta jos a aparatului.

Avantagii: este o metodă sensibil mai exactă decît precedenta.

Dezavantagii: nu poate fi aplicată decît într-un număr restrîns de cazuri de oarece pentru fiecare soluţie trebuie cîte un etalon anumit.





II. Absorbţimetrele. Cel de al doilea tip de colorimetre au la bază principiul cunoscut sub forma legii lui Beer: "cînd două soluţii ale unei aceleiaşi substanţe colorate într-un solvent oarecare şi examinate sub aceiaşi lumină incidentă au aceiaşi nuanţă de culoare sau egalitate de tentă, grosimele (sau înălţimele l' şi l") traversate de lumină, sînt invers proporţionale cu cantităţile de substanţe colorate dizolvate în unitatea de volum a celor două soluţii (adică cu concentraţiile c' şi c")".

Folosind formula lui Lambert-Beer pentru ambele soluţii se obţine:

$$I' = I_o e^{kc'l'}$$

şi

$$I'' = I_o e^{kc''l''}$$

Însă cum variem astfel ca I' = I", după reducere rezultă: c'l' = c"l". De unde:

$$\frac{c'}{c''} = \frac{l''}{l'}$$

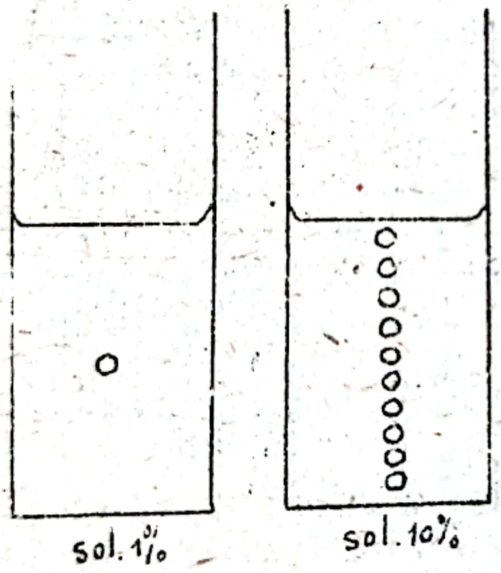
Dacă de exemplu c' este o concentraţie necunoscută (x) rezultă:

$$x = \frac{c''l''}{l'}$$

In adevăr dacă avem două soluţii dar de concentraţii diferite, coloraţia fasciculului transmis în cele două cazuri prin absorbţia aceloraşi radiaţii, va depinde de natura substanţei şi de numărul de molecule absorbante întîlnite de fascicolul lumi-

nos, număr care evident este proporţional cu concentraţia şi cu grosimea stratului de lichid traversat.

Legea lui Beer nu trebuie înţeleasă în sensul strict al cuvîntului, adică prin aceea că poate varia concentraţia prin funcţie de grosimea stratului de lichid. In adevăr, o soluţie de o anumită concentraţie ori cît ar fi într-un strat de gros sau de subţire, ea va avea aceiaşi concentraţie. Legea trebuie înţeleasă prin aceea că pentru ca două soluţii de concentraţii diferite să fie privite sub aceiaşi tentă de culoare, trebuie să aibă aceiaşi absorbţie, adică acelaş număr de molecule absorbante trebuie să se interpuie între sursa de lumină şi ochiul observatorului, lucru care se poate face foarte uşor modificînd înălţimele, adică numărul de molecule interpuse. De ex. să presupunem două soluţii, dintre care una de 1% şi alta de 10%. Soluţia de 10% înseamnă că are un număr de 10 ori mai mare de molecule de solvit de cît soluţia de 1%. Pentru a se obţine aceiaşi absorbţie, adică aceiaşi tentă de culoare, trebuie să se interpună în calea razelor de lumină acelaşi număr de molecule, adică trebuie ori să micşorăm grosimea stratului mai concentrat de 10 ori, sau să mărim de 10 ori grosimea stratului soluţiei mai diluate.

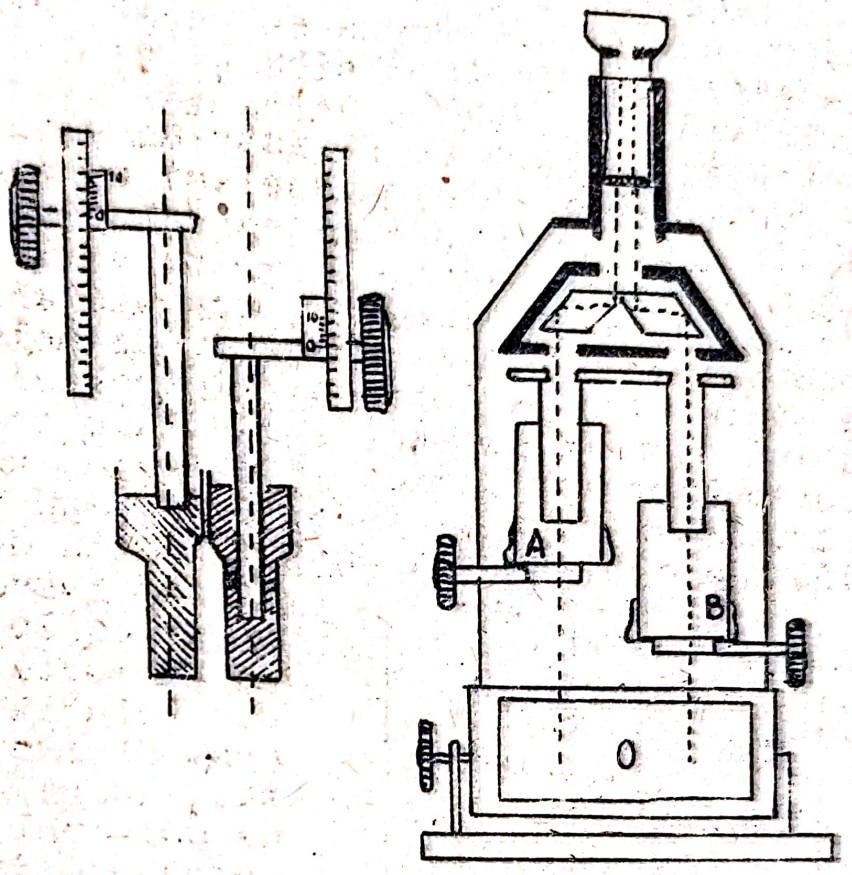


Cum prima manoperă este mai uşoară, căci cealaltă cere cantităţi prea mari de lichid, numai ea este întrebuinţată în practica determinărilor.

Absorbţimetrele folosesc două mari metode:
- colorimetrile prin imersie;
- metoda gamelor.

Colorimetria prin imersie. Ca tip de colorimetru bazat pe principiul enunţat mai sus, avem colorimetru Duboscq. După cum se poate vedea şi din figură, el este format din următoarele părţi:
- o oglindă plană aşezată la partea inferioară ce are drept scop de a reflecta în sus lumina trimisă de o sursă oarecare;

- Două cuve de sticlă (A şi B) în care se găsesc, într-una soluţia de cercetat, iar în cealaltă soluţia etalon (de concentraţie cunoscută);



- în cei doi cilindri pot aluneca în sus şi în jos cu ajutorul a două vize, doi cilindri de sticlă plini;

-odată cu cilindri se mişcă şi două sisteme vernier care au rolul de a ne arata în fiecare moment, distanţa de la fundul cilindrilor A şi B pînă la baza inferioară a cilindrilor plini, adică grosimea straturilor de lichid absorbante. Ca orice vernier obişnuit, precizia este de o,l mm;

- deasupra cilindrilor plini se găsesc două prisme de sticlă de o formă romboedrică ce produc de două ori o reflecţie totală a luminii;

- în continuare razele de lumină trec printr-o lentilă ce strînge aceste raze, întîlnesc un ocular împărţit în două semicercuri astfel ca fiecare semicerc să fie luminat de cîte un fascicol luminos (drept şi stîng) şi în fine impresionează ochiul observatorului.

Tehnica de lucru: trebuie mai întîi să vedem dacă aparatul este exact, adică dacă diviziunea 0 de pe vernier corespunde exact cu poziţia cînd cilindri de sticlă stau lipiţi de fundul cuvelor. Dacă nu corespunde exact ci la o diviziune oarecare; aceasta valoare o vom scădea întotdeauna din calcul. Defectele optice se corijează astfel: se varsă în an-

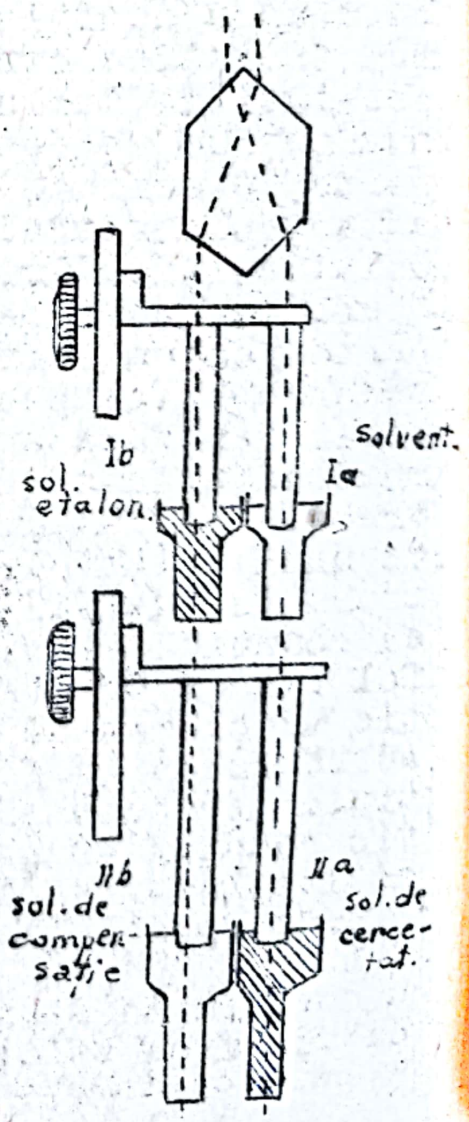
bele pahare aceiaşi soluţie colorată. Se fixează înălţimea unui cilindru la o înălţime oarecare şi apoi citim înălţimea şi la cel de al doilea cilindru după ce vadus semicercurile ocularului la egalitate de nuanţă. Operaţia se repetă de mai multe ori însemnînd înălţimele găsite şi făcînd apoi media pentru a afla corecţia. Această corecţie va trebui scăzută întotdeauna din înălţimele citite pentru cilindru respectiv. In rest ca tehnică nu avem altceva de făcut decît să introducem într-unul din păhăruţe soluţia de cercetat (de obicei în stînga); în celălalt soluţia standard pentru care vom lua întotdeauna o înălţime dată şi vom potrivi apoi înălţimea soluţiei de cercetat pînă la obţinerea egalităţii de culoare. Repetăm operaţia de 3-4 ori luînd media valorilor găsite. Facem apoi corecţia dacă este cazul şi calculăm concentraţia necunoscută conform formulei stabilite mai sus.

Trebuie să avem grije ca între cele două înălţimi să nu fie o diferenţă mai mare de 1/3 şi ca cilindri de sticlă şi păhăruţele să fie perfect curăţate.

In determinările făcute cu colorimetru simplu, se presupune că disolvantul este incolor. Dacă acesta este colorat sau dacă lichidul luat spre analiză este colorat, se produc amestecuri de culori ce ne dau astfel erori. In aceste cazuri vom aplica principiul compensaţiei în aşa zisele colorimetre de compensaţie. Un astfel de aparat cuprinde două rînduri de pahare şi cilindri, în fiecare rînd cilindri mişcîndu-se odată cu ajutorul aceluiaşi şurub. In pahare se pun lichidele astfel:

I a = solventul
I b = soluţia standart
II a = soluţia de cercetat
II b = soluţia de compensaţie

Tehnica de lucru: se aşează paharele de jos la înălţimea dorită de noi şi apoi le manevrăm pe cele de sus pînă la egalizarea de culoare ce apare

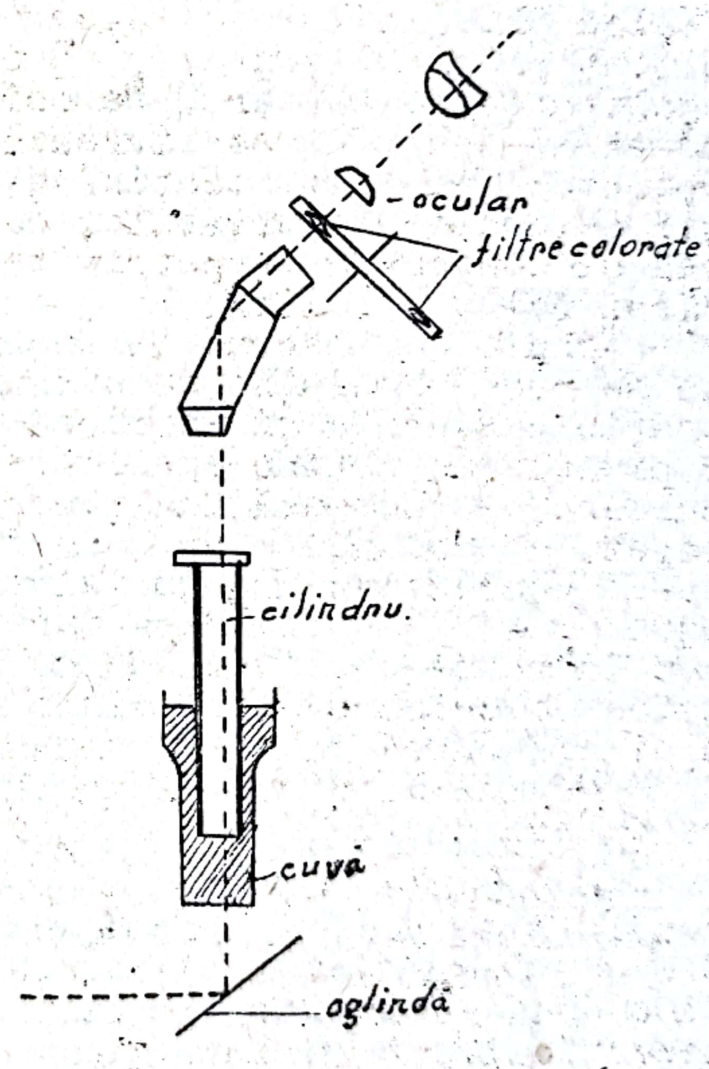


în cîmpul ocularului. In acest mod sînt egale înălţimele lichidelor din păhăruţele din partea dreaptă şi cea stîngă a aparatului. După realizarea egalităţii de culoare citim pe vernierul de jos înălţimea soluţiei de analizat iar pe cel de sus, înălţimea soluţiei standard. Calculul se face exact ca şi în cazul precedent.

Colorimetria s-a perfecţionat mult prin introducerea de filtre colorate:

- prin introducerea unui filtru colorat se pot obţine variaţii mai mari de nuanţă. De ex. un filtru galben va face ca o soluţie albastră să apară privind prin ocular, colorată verde, ce poate varia între galben-verde şi albastru-verde, după cum grosimea stratului de lichid este mai mare sau mai mică;

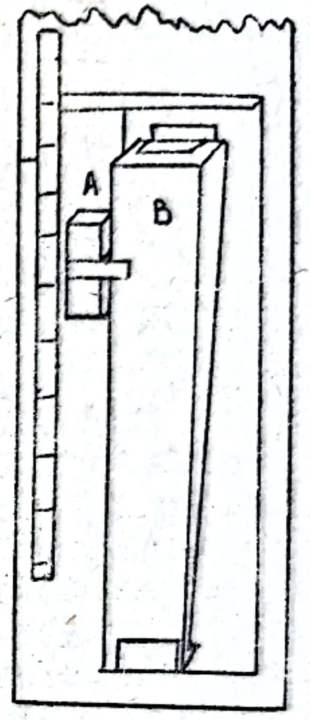
-un alt avantagiu constă în întrebuinţarea de filtre monocromatice care prezintă un dublu avantagiu: pe de o parte determinările se apropie astfel mai mult de legea lui Beer, iar pe de altă parte pentru a creşte absorbţia specifică. Pentru a avea maximum de absorbţie trebuie ca lungimea de undă a luminii transmise de filtru să coincidă cu vîrful benzei de absorbţie a colorantului, adică culoarea filtrului trebuie să fie complimentara celei a soluţiei; în felul acesta el lasă să treacă tocmai acele raze care sînt reţinute de soluţie, celelalte raze fiind reţinute de filtru.



Soluţia standart colorată poate fi înlocuită cu aşa zisa soluţie cenuşie ce poate absorbi lumina

de toate lungimile de undă care pot interesa în colorimetrie (430-700 mμ), în care caz colorimetru devine un mic fotometru.

Metoda gamelor. Ca tip de colorimetru bazat pe această metodă avem colorimetrul Authenrieth-Konigsberger. la care grosimea soluţiei de analizat rămîne constantă (vasul A) în timp ce cea a soluţiei standart pusă într-un vas prismatic (vasul B) poate varia prin mişcarea lui în sus sau în jos. Această deplasare se observă pe o riglă gradată. Rezultă deci că acest colorimetru măsoară grosimea soluţiei etalon prin înălţimea la care s-a plasat prizma B pentru a se obţine egalitatea de culoare. De obicei odată cu aparatul se livrează cu aparatul şi prizme conţinînd soluţii colorate conservabile, cu culoarea şi concentraţia potrivite fiecărui fel de analiză.



Tehnica de lucru: în ambele vase se pune o soluţie de o concentraţie cunoscută şi se mişcă cuva B pînă ce se obţine egalitatea de culoare. Se notează înălţimea citită şi operatia se repetă de mai multe ori, de fiecare dată schimbîndu-se concentraţia soluţiei din vasul A. Se construeşte astfel o curbă după care nu avem de cît să punem în vasul A soluţia de cercetat, să găsim egalitatea de culoare şi să citim înălţimea aflată ca apoi din curbă să citim direct concentraţia.

De multe ori se dau curbele (tabelele) necesare determinărilor chiar de către firma de fabricaţie

In formula legii lui Beer dacă se face I = I', condiţia de a se căpăta o aceiaşi culoare este ca C = C'. Deci dacă se examinează sub o aceiaşi grosime două soluţii de concentraţii diferite, una cunoscută şi alta necunoscută, trebuie ca pentru a obţine egalitatea de tentă care duce la egalitatea de concentraţie, să diluăm soluţia mai concentrată prin adiţie succesivă de solvent pînă ce se capătă aceiaşi culoare ca şi la soluţia mai diluată. Deci pentru a obţine egalitatea de tentă a două soluţii pe lîngă variaţia grosimilor, concentraţiile rămînînd aceleaşi, mai putem face şi prin diluţia soluţiei

mai concentrată, grosimile celor două soluţii rămînînd aceleaşi. De ex. Dacă avem de analizat o soluţie de o concentraţie X la %, vom face o soluţie de o concentraţie cunoscută din aceiaşi substanţă colorată în acelaş solvent şi vom pune cîte un volum cunoscut (v) din ambele soluţii în două eprubete cu acelaş diametru. Concentraţiile fiind diferite, vor fi şi tentele diferite şi astfel se pot prezenta două cazuri:

- Dacă soluţia etalon este mai întunecată (mai concentrată) i se va adăuga cu o pipetă puţin cîte puţin din solvent pînă cînd cele două tente vor fi egale. Fie (u) volumul de solvent adăugat; concentraţiile celor două soluţii în cantitatea de substanţă conţinută în unitatea de volum sînt egale, aşa că reprezentînd prin (q) cantitatea de substanţă conţinută în volumul (v) de soluţie titrată înaintea diluţiei sale, căpătăm formula:

$$\frac{q}{v+u} = \frac{x}{v} \quad \text{de unde:} \quad x = q \cdot \frac{v}{v+u}$$

-Dacă soluţia tip este mai puţin întunecată în culoare se diluiază soluţia necunoscută (x) tot pînă la egalitatea de culoare. Fie (u) volumul de lichid adăugat. In acest moment concentraţiile fiind egale avem:

$$\frac{q}{v} = \frac{x}{v+u} \quad \text{de unde:} \quad x = q \cdot \frac{v+u}{v}$$

Cauze de erori. O primă cauză de eroare constă în imperfecţiunea ochiului nostru de a deosebit net nuanţele de culori, cu o precizie maximă de ± 1% numai în regiunea galben-verde a spectrului în care ochiul are maximum de sensibilitate. In regiunea roşie şi albastră, mai puţin favorabilă unei bune determinări din p.d.v. fiziologic, precizia acuităţii vizuale scade sensibil.

Culoarea corpurilor se poate modifica cu concentraţia din cauza disociaţiei electrolitice, a polimelizării, a schimbării de echilibru între forme moleculare diferite (de ex, bilirubina), a hidratării, hidrolizii, etc.

Legea lui Beer nu poate fi aplicată la soluţiile prea concentrate căci la acestea, puterea absorbantă creşte mai puternic decît concentraţia.

Din motivele enumerate mai sus s-ar părea că determinarea colorimetrică a concentraţiei este o metodă imprecisă şi puţin aplicabilă în practică. In

realitate lucrurile nu se petrec chiar aşa, deoarece această metodă a găsit o largă aplicare în biologie unde nu se urmăreşte de multe ori decît o determinare rapidă, uşoară şi cu o precizie suficientă.

In timp ce fotometria şi colorimetria se aplică în cazul soluţiilor opticvide, celelalte metode care vor urma se întrebuinţează pentru soluţiile optic-active (soluţiile coloidale) şi în general pentru mediile tulburi.

Cînd un mediu incolor conţine particole (ce pot fi şi incolore) cu indici de refracţie diferiţi de cel al mediului, se petrece o absorbţie datorită difuziunii. Un astfel de sistem este tulbure cînd particolele sînt relativ mari faţă de lungimea de undă a luminii incidente sau cînd acestea au un indice de refracţie destul de diferit de cel al mediului. De aci rezultă interesul de a evalua cantitatea de substanţă în suspensie (dozajul precipitatelor fine, a substanţelor coloidale, a microorganismelor, etc.). Din motive teoretice precizia acestor rezultate este slabă şi ar rămîne lipsită de importanţă putînd chiar duce la rezultate contradictorii dacă se pierd din vedere datele esenţiale ale teoriei mediilor tulburi pe care iată-le: cînd un fascicol luminos traversează o soluţie coloidală, o parte din razele luminoase sînt difractate lateral de micele, efect cunoscut sub numele de efect Tyndall. Raleigh a arătat că acest efect trebuie să apară cînd razele de lumină întîlnesc particole a căror dimensiuni sînt mai mici decît lungimea de undă a razelor luminoase, deci în cazurile în care nu se poate produce nici reflexia nici refracţia. Acelaş autor a dat şi formula intensităţii de lumină difractate de particolele sferice neabsorbante, formulă cunoscută sub numele de formula lui Raleigh:

$$I = I_c \cdot c \frac{n \cdot v^2}{\lambda^4} \sin^2 \alpha$$

formulă în care: I_o = intensitatea luminii iniţiale; I = intensitatea luminii Tyndall într-o direcţie observabă şi care face un unghi α cu raza iniţială; n = numărul de particole ce cauzează deviaţia în volumul luminat; v = volumul acestor particole; λ = lungimea de undă a luminii utilizate. Deoarece intensitatea (I) este proportională cu numărul (n) particolelor deviante, se poate ca prin măsurarea deviaţiei luminii să determinăm concentraţia unui corp

dizolvat în stare coloidală. In afară de aceasta, relatia dintre I şi v^2 permite determinarea mărimii particolelor. Dar deoarece v se găseşte în formulă la pătrat, o diminuare a mărimii particolelor va provoca o diminuare foarte mare a intensităţii luminoase Tyndall, aşa că trebuie să utilizăm o lumină primară foarte intensă cînd observatia efectului se face la particole foarte mici. Cînd particolele nu sînt prea mici în raport cu lungimea de undă a luminii, raportul dintre I şi v^2 dispare. Teoria lui Raleigh nu ne arată limita minimă a dimensiunilor particolelor, deci şi moleculele gazoase pot dispersa lumina, ceea ce explică culoarea albastră a cerului. Dispersia luminii creşte cu diversitatea proprietăţilor optice a particolelor dispersate şi a mediului dispersant. Din această cauză de ex. lumina Tyndall a unei suspensii de albumină este mai slabă de cît cea a unei soluţii de As_2S_3 de aceiaşi concentraţie şi dispersie.

Dacă lumina utilizată este monocromatică, cea difractată va avea aceiaşi lungime de undă, fapt care deosebeşte lumina Tyndall de fenomenul de fluorescenţă. In cazul luminii albe, din cauza legăturii dintre I şi λ^4 în "conul lui Tyndall" sînt prezente razele de o lungime de undă scurtă (albastre) în timp ce soluţia se lasă traversată de razele cu lungime de undă mare (roşii-galbene). Este vorba aci de fenomenul lui Goethe prin care un mediu tulbure pare roşu pe un fond clar şi albastru pe unul sombru.

Teoria lui Raleigh nu se poate aplica de cît la particolele neconductoare care nu absorb de loc sau foarte slab. La fel nu se poate aplica cînd diametru particolelor devine superior lui $\lambda/2\pi$. Dacă considerăm o aceiaşi materie în suspensie, dar divizată în particole din ce în ce mai mari, absorbţia creşte mai întîi foarte repete, trece printr-un maximum cînd diametru este egal cu λ, apoi diminuă. In afară de acesta fluxul difuzat în faţă devine din ce în ce mai important. Grăunţele de cîţiva microni difuzează aproape complect în conul strîmţ din jurul fascolului emergent (halou).

Din aceste cauze condiţiile practice de măsurare a absorbţiei sînt:

- Deschiderea fascicolului luminos de altfel foarte variabilă, nu poate fi considerată infinit de mică

aşa că receptorul primeşte deci, pe lîngă fluxul transmis direct care nu a întîlnit particolele sau care le-a traversat fără deviaţie (I) şi o parte din fluxul difuzat şi anume acela care este emis sub un unghi ω sub care receptorul vede regiunea luminată a mediului tulbure ($I_{r\omega}$). Densitatea optică (D), deci: $D = \log \frac{I_o}{I.I_{r\omega}}$ nu are nici o valoare bine definită căci descreşte cînd ω creşte, adică atunci cînd cuva conţinînd suspensia, se apropie de receptor. Dacă cuva este destul de aproape de un receptor de o mare deschidere şi dacă grăunţele sînt de cîţiva μ, qvasi-totalitatea fluxului difuzat ce atinge receptorul şi deci densitatea optică, devine foarte mică. La o distanţă mare din contra, D poate creste infinit.

- In cazul concentraţiilor (c) destul de slabe a suspensiilor, se poate neglija difuziunea secundară adică luminarea particolelor de către particolele vecine. Legea lui Beer se aplică atunci întocmai ca la soluţiile absorbante transparente. Cînd concentraţia devine prea mare, acest efect nu poate fi neglijat şi fluxul difuzat în spate devine din ce în ce mai mare. Dacă ne imaginăm suspensia constituită dintr-o serie de ecrane difuzante, lumina difuzată de unul dintre ele revine asupra precedentului care o va redifuza partial în directia iniţială şi a.m.d. aşa că relaţia dintre transmisie şi grosime (sau concentraţie) este deci liniară şi nu logaritmică. Această consecinţă de neaşteptat la prima vedere vrea să însemne că un ecran foarte difuzant aşezat în spatele altui ecran indentic va absorbi întotdeauna jumătatea fluxului transmis de acesta din urmă.

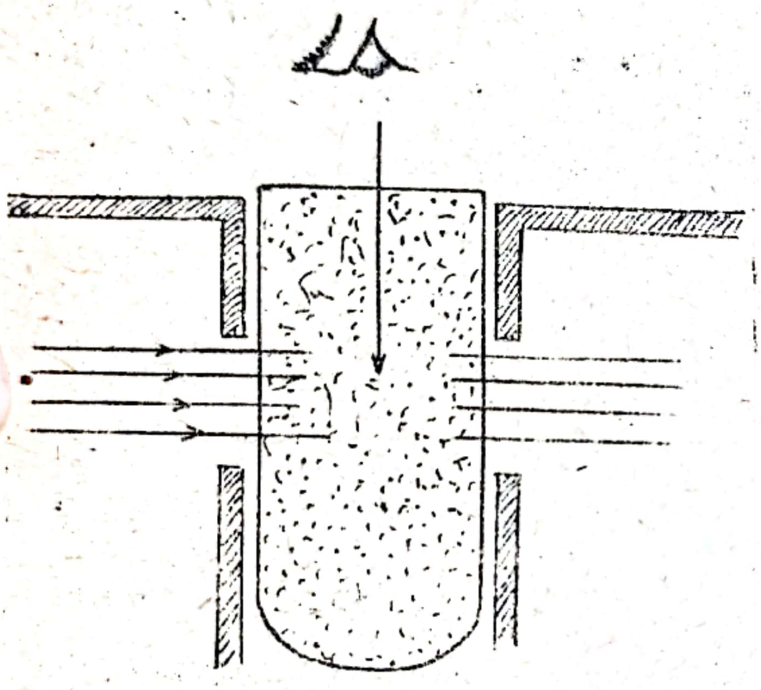
După ce am studiat principiile generale, să trecem în revistă metodele de cercetare a mediilor tulburi:

Nefelometria.

Este metoda care măsoară fluxul luminos reemis de mediul absorbant. Ea a fost aplicată întîi în chimia analitică cînd se compara gradul de turbiditate cu lumina directă. Acest fel de procedare bazat pe absorbţia luminii de particolele în suspensie este dat de legile lui Lambert şi Beer, aşa cum le cunoaştem, căci în colorimetrie ca şi în ne-

felometrie, absorbţia nu depinde decît de produsul dintre concentraţii şi înălţimi. Deoarece acest procedeu s-a arătat puţin sensibil pentru mediile cu o turbureală slabă căci lumina nu este absorbită decît într-o cantitate foarte mică şi deci aprecierea devine foarte grea dacă nu imposibilă, M.Tswett a aplicat principiul observării luminei difuzate de particolele solide în suspensie, a legat deci nefelometria de fenomenul Tyndall.

Iată bazele teoretice ale acestei metode: un tub de sticlă umplut cu o soluţie turbure, este aşezat într-un manşon făcut opac într-o porţiune oarecare a sa, dar care manşon la partea inferioară se poate deplasa în sus şi în jos ca să limiteze astfel un fascicol de lumină mai mare sau mai mic. Observînd de sus tubul, se observă că ne va apare cu atît mai strălucitor, cu cît grosimea benzii prin care trece lumina, este mai lată. Strălucirea tubului



provine de la faptul că particolele difractă lumină în toate direcţiile şi deci şi înspre observator.

Am văzut mai înainte formula lui Raleigh. Dacă se notează cu D densitatea şi cu C masa totală a micelelor în jumătate de volum avD=C, formula devine:

$$I = \frac{C.v}{\lambda^4 D} K$$

Pe de altă parte, acelaşi autor a stabilit prin calcule teoretice că absorbţia prin difracţie se supune unei legi exponenţiale aneloage celei pe care am menţionato pentru absorbţia dată de moleculele substanţelor pure:

$$I = I_0 e^{-hd}$$

formulă în care: I=intensitatea luminii incidente, I_0=intensitatea luminii difractate după ce a trecut prin stratul de grosimea (d). Tot el a stabilit printr-o formulă complicată pe care nu este cazul să o arătăm aci, valoarea lui (h).

Din această ultimă formulă rezultă că absorbţia creşte cînd diminuă lungimea de undă luminoasă. Dar experienţa a verificat rău exactitatea calculelor lui Releigh, mai ales în cazul în care raportul dintre diametrul particolelor şi lungimea de undă este foarte mic. Cercetările ulterioare au arătat că această discordanţă provine din cauza variaţiilor mărimilor micelare.

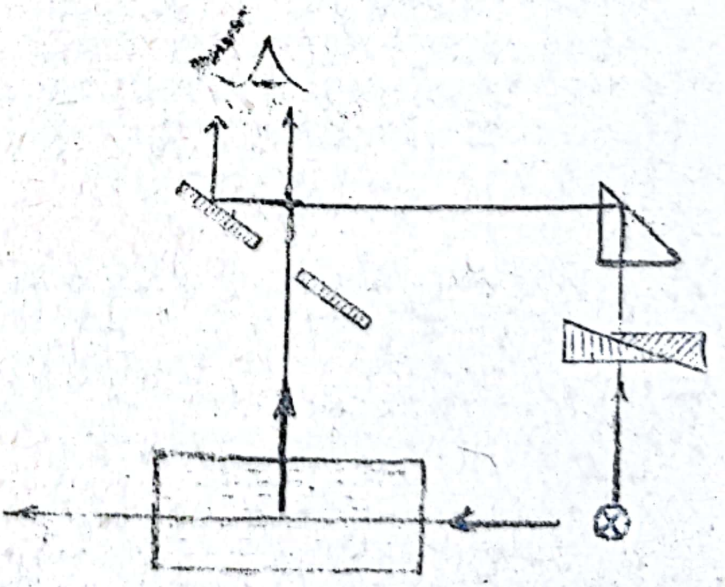
Ca şi în cazul luminii absorbite, s-a calculat intensitatea luminii difractate şi s-a remarcat că aceasta este reglată de distanţa de observator cît şi de unghiul format între direcţia radiaţiei incidente şi aceea a razelor difractate.

In fine alţi autori au arătat rolul conductibilităţii electrice a acestor particole, iar alţii că există o directă proporţionalitate între intensităţile luminoase şi concentraţiile a două medii turburi, dar cu condiţia expresă ca mărimea particulelor să fie aceiaşi. Deci $I/I'=C/C'$ (v şi λ fiind aceleaşi în cele două cazuri).

Astfel determinările nefelometrice se rezumă la valcarea celor colorimetrice.

Ori cum ar fi, metoda nefelometrică este deja foarte importantă de cunoscut nu numai pentru cunoaşterea mărimii micelelor dar şi pentru dozarea de cantităţi minime a unor substanţe.

Există numeroase modele de nefelometre însă ori care ar fi constructia aparatului, toate se bazează pe acelaş principiu: cînd un mediu omogen şi transparent este traversat de o rază luminoasă, o mică parte din energia radiantă este difuzată în toate direcţiile. Difuziunea va fi cu atît mai mare cu cît particolele pe care le întîlneşte lumina, sînt mai mari. Astfel în nefelometrie se compară intensitatea luminoasă emisă de lichid, perpendicular pe directia de propagare a fasciculului incident, cu intensitatea radiaţiilor ce pro-

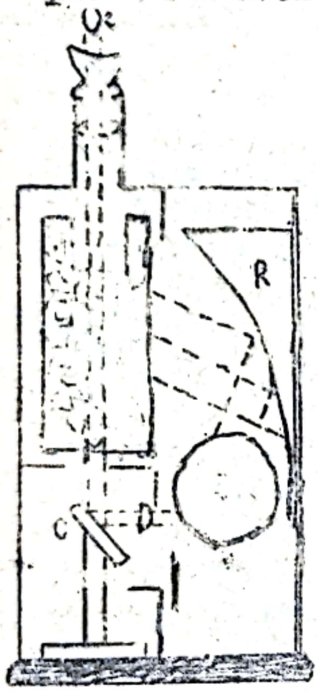


vin direct de la sursă şi care au suferit o absorbţie cunoscută, lucru care se vede destul de clar şi în figura alăturată.

Acest mod de examinare este mai sensibil decît fotometria cînd trebuie să apreciem modificările de grosime a particolelor în suspensie, dar necesită o sursă luminoasă foarte puternică deoarece lumina difuzată reprezintă cam o milionime din lumina incidentă. Se pot utiliza şi colorimetrele în care se măsoară intensitatea luminii ce a traversat soluţia tulbure cît şi acelea prin care se măsoară lumina difractată.

Dintre nefelometre cele mai cunoscute sînt:

Nefelometrul Betz-Hellige este format din: o lampă cu incandescenţă (S) trimite un fascicol luminos ce este reflectat de o oglindă (O) după ce a traversat un diafragm reglabil (D). Printr-o mică deschidere (M) de la fundul eprubetei cu soluţia de examinat, ajunge direct în ochiul observatorului.



Un al doilea fascicol luminos primit tot de la aceiaşi sursă este reflectat de reflectorul (R) în soluţia de examinat. Lumina difuzată aci (fenomenul Tyndall) poate fi observată prin ocularul (Oc). In ocular se percepe astfel o suprafaţă luminată prin fenomenul Tyndall, în mijlocul căreia se percepe un mic disc (cerc) produs de lumina trecută prin deschiderea (M). Prin reglarea diafragmului (D) se poate obţine uşor uniformizarea iluminării.

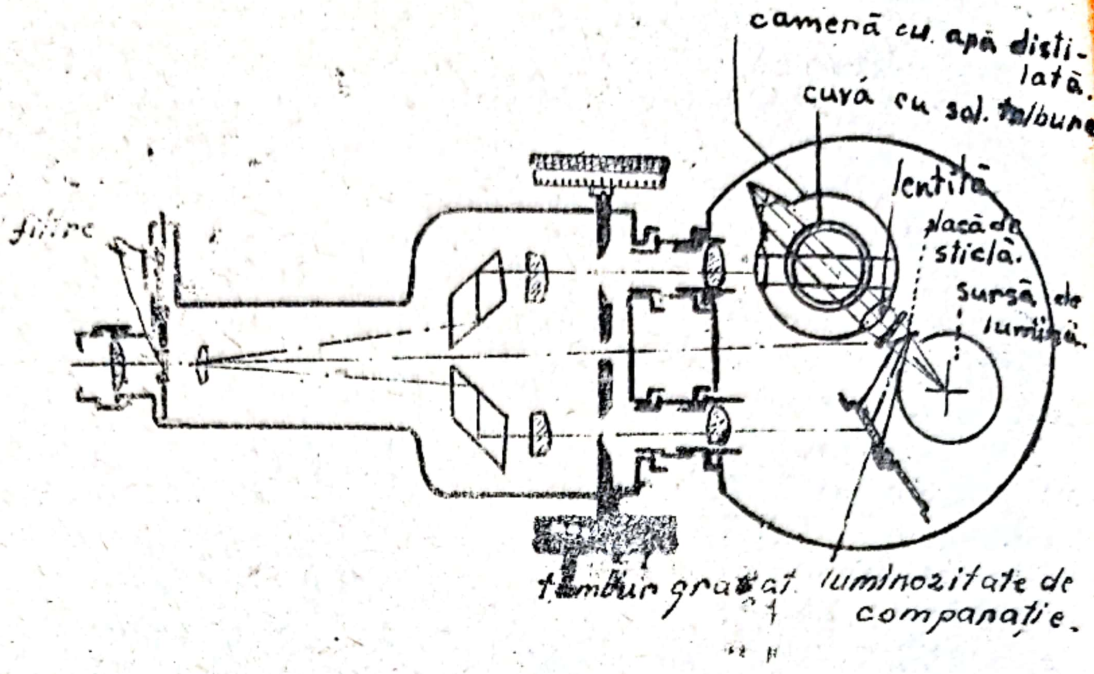
Aparatul are avantajul de a fi foarte simplu şi uşor de manipulat.

Nefelometrul Pulfrich-Zeiss. Este format din două mari părţi:

Prima parte este formată din fotometrul propriu zis cu lampa pentru formarea radiaţiilor şi cuva cu soluţia de cercetat, iar partea a doua este formată din aparatul de măsură.

Prima parte a aparatului constă esenţial dintr-o cameră de apă, cilindrică şi o lampă de incandescenţă. In camera cu apă se pune la mijloc vasul

cu soluţia de cercetat. Peretele camerei de apă conţine două lentile. Printr-una din ele pătrunde lumina lămpii cu incandescenţă sub formă unui fascicol de raze paralele. Prin cealaltă lentilă iese din această cameră lumina răspîndită de lichidul tulbure ce se pune în mijlocul camerei cu apă, sub un unghi de 45° faţă de incidentă. Între sursa de lumină şi cuva cu soluţie, este interpusă o placă de sticlă ce serveşte la aceea că o parte din lumina ce vine de la lampă este reflectată de ea şi serveşte la iluminarea unei sticle mate şi una lăptoasă cu puteri diferite ce sînt fixate de un cadru ce se poate învîrti. Lumina acestor sticle ajunge printr-o deschidere a fotometrului, în timp ce prin cealaltă deschidere ajunge lumina difuzată de soluţie, aşa că se oferă posibilitatea comparării intensităţii luminoase necesare determinării. Prin învîrtirea cadranului, trec diferite intensităţi luminoase în calea razelor. La etalonarea instrumentului se foloseşte corpul de sticlă a cărui tulbureală este constantă şi care se pune în locul probei în camera cu apă. Pentru înlăturarea fluorescenţei la lichidele ce au această proprietate, se poate interpune între lampă şi camera de apă, un filtru care să reţină radiaţiile fluorescente din lumina primară.



Vasele de cercetat pot fi cilindrice cu un diametru interior de 36 sau 26 mm. sau cuvete plane de 2,5 mm. adîncime. Alegerea vaselor în care se face determinarea, depinde de puterea tulburelii şi de cantitatea de lichide. De ex. la paharele cilindrice intră 10-25 cc. lichid, iar la cuvele plane, 1 cc.

pentru determinările în serie cu cantităţi mici de soluţii de cercetat (pînă la 1 cc), se recomandă să se micşoreze lăţimea fasciculului luminos radiant prin obturare, aşa că în acest caz se pot întrebuinţa ca vase de cercetare, mici eprubete.

Dacă se pune un pahar cu o soluţie tulbure în camera cu apă, privind deasupra, se vede o coloană de lichid cu secţiunea patrulateră clar luminată. Privind prin ocularul fotometrului se văd două cîmpuri diferite ca intensitate luminoasă. Dacă se aduce un filtru verde în drumul razelor prin învîrtirea filtrului sistem revolver şi dacă se reglează şi lumina în mod corespunzător, cîmpul apare de culoare verde în întregime, dar partea stîngă va fi luminată mai puternic de cît partea dreaptă. Invîrtind de tamburul drept, se schimbă numai intensitatea luminoasă a cîmpului drept. Dacă se învîrteşte de tambur pînă ce ambele cîmpuri apar luminate egal se poate face atunci citirea relativă a tulburelii lichidului de cercetat. Pentru determinarea exactă a tulburelii, se introduce corpuri de sticlă în locul lichidului de cercetat, făcîndu-se apoi citirea. Tulbureala lichidului, în măsură absolută; rezultă din proporţia rezultatelor ambelor citiri.

Avantagii:

- este o metodă foarte sensibilă;
- este excelentă pentru determinările în serie;
- permite determinări fără diluarea soluţiei de cercetat;
- înlătură fluorescenţa lichidelor, etc.

Aplicatii. Nefelometria serveste în primul rînd la aflarea concentraţiei substanţelor fin dispersate în sînul unui lichid; ea constituie deci o metodă de microanaliză ce a fost aplicată cu succes la dozarea albuminelor, grăsimilor, etc. Vlès a utilizat-o la evaluarea rapidă a concentraţiilor de emulsii bacteriene. După acest autor bacterile mari în număr mic produc acelaş efect de difuziune ca şi bacterile mici dar mai numeroase.

Opacimetria.

Studiază opacitatea mediilor tulburi. Ea se poate efectua cu orice aparat din cele utilizate pentru soluţiile colorate ştiind însă că densitatea măsurată poate varia în funcţie de deschiderea fasciculului luminos şi distanţa cuvă-recepter şi că dozarea unei mase în suspensie întîmpină dificultatea de a obţine grăunţe de o talie mijlocie întotdeauna

constantă. Se poate atenua acest neajuns căutînd să obţinem grăunţe cu un diametru grosier egal cu λ sau puţin mai mare.

In mare, determinarea se face astfel: cuva de măsură ce aşează lîngă receptor şi se echilibrează absorbtia sa diminuînd fluxul luminos al celulei de compensatie. Depărtînd apoi cuva la maximum, se observă un supliment de absorbtie ce este datorit numai difuziunii şi care poate fi numit indice de difuziune şi care nu depinde decît de concentraţia particolelor şi de mărimea lor.

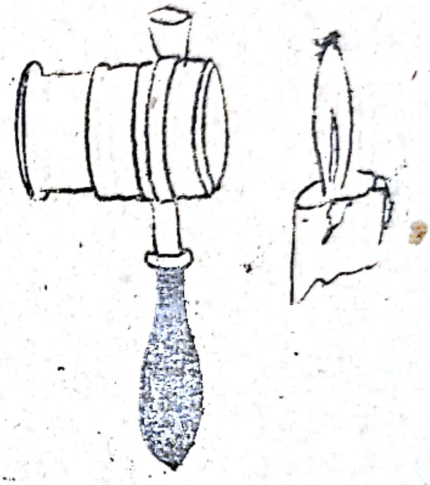
Turbimetria (diafanometria).

Este metoda care măsoară grosimea unui mediu tulbure capabil de a împiedica viziunea netă a unui test lasat în spatele lui. Textul se şterge cînd strălucirea sa aparentă devine destul de vecină cu cea a suprafeţei corpului periferic, adică cu regiunea luminată a mediului tulbure. Strălucirea aparentă a testului depinde de fluxul transmis direct prin spaţiile vide (goale) ale suspensiei (schematic ea este nulă dacă particolele presupus repartizate într-un singur plan, sînt împreunate). Cît despre strălucirea cîmpului periferic, aceasta fiind presupusă constantă, ea începe să crească cu numărul particolelor ca apoi, fapt foarte important, să diminuę. Strălucirea mai creşte pe măsură ce fluxul difuzat de particule este din ce în ce mai localizat, mai în faţă (spre ochiul observatorului), adică pe măsură ce acestea sînt mai mari. Este uşor să ne dăm seama că suspensiile cu particole mari (hematii, bacterii, etc.) chiar foarte diluate, împiedică orice vedere netă cînd se priveşte prin intermediul lor, deşi ele difuzează destul de puţin lateral. Din contra, suspensiile cu grăunţe foarte fină (mastic, smirnă, etc.), chiar foarte concentrată şi foarte difuzantă, permit încă o vedere netă. Intre rezultatele turbimetriei şi a nefelometriei există un raport analog cu acela care se măsoară cînd se evaluiază opacitatea unei suspensii la două distanţe de receptor şi care, în ambele cazuri este în funcţie de grosimea grăunţelor.

Deci în diafanometrie se variază grosimea lichidului de cercetat interpus între ochiul observatorului şi sursa de lumină, pînă cînd dispare imaginea sursei. De aci rezultă că grosimea de strat

necesar pentru obţinerea acestui rezultat este cu atît mai mică, cu cît lichidul este mai bogat în principii colorante sau în substanţe aflate în suspensie.

Diafanometria a fost aplicată în dozarea grăsimelor din lapte (lactoscopul lui Donné, după felul care se poate deduce din fig.alăturată), a hemoglobinei din sînge cînd se utilizează un hematoscop (Henocque) ce este format dintr-un vas prizmatic între pereţii căruia se pune un strat subţire de sînge, etc. Toate aceste aparate bineînţeles că nu ne pot da decît o apreciere destul de grosolană a concentraţiilor.



Concluzii:

- Procedeul cel mai simplu al variatiilor de volum al particolelor este opacimetria la mare distanţă de receptor (sau mai bine, măsurarea radiaţiilor difuzate într-un unghi solid de cîteva grade în jurul fascicolului energent).
- Măsurarea suspensiilor nu poate fi efectuată într-o manieră sensibil independentă de dimensiunile grăunţelor, decît cu ajutorul nefelometriei în lumină roşie şi în jurul unui unghi de 90°.

B I B L I O G R A F I E

Andreev L.A., Bîcov M, etc... Manual de fiziologie
Bogdanov, Cracoviac..... Manual de Igienă pt. Institutele de cultură fizică.
Boutaric A..... Prècis de Phisique.
Bruhat G..... Cours de Physique générale(optique)
Burcă-Gălăţeanu..... Căldura
Chapuis J..... Lecons de Physique Gen.
Chassagny M..... Cours élémentaire de physique.
Cişman A..... Căldura
Croneberg P.M..... Elemente de fizică
Dima G.A..... Lecţiuni de fizică
Domarus A..... Methodik der Blutuntersuchung
Duclaux J..... Refractometrie
Editura de stat..... Oto-rino-laringologia
Friş S.E., Timoreva A.V..... Curs de fizică generală
Drăgoi S, Crişan C..... Elemente de histologie
Ganot-Maneuvrier..... Traité élémentaire de Physique
Holzer W..... Phyzikalische Medizin
Imbert A..... Traité élémentaire de Physique Medicale
Israelson L, Caplun S.I..... Curs de igiena muncii
Kopaczewski W..... Traité de biocolloidologie.
Landsberg A.G..... Optica
Lange B..... Analyse colorimetrique
Lecher E. ..... Lehrbuch der Physik
Loiseleur J..... Techniques de laboratoire
Manta I-Ciplea Al..... Metodele laboratorului clinic.
Martinet A..... Thérapeutique clinique
Mihul Ctin..... Curs de fizică
Morin Ghe..... Physiologie du travail humain
Opreanu..... Curs de fizică medicală
Oudin-Zimmern..... Radiotherapie, radium, photo, thermothérapie
Papalaxi N.D..... Curs de fizică
Popescu I..... Lucrări practice de fizică farmaceutică

Scanned with OKEN Scanner

Rîşcanu V.	Curs rezumat de fiziologie
Rosselet A.	Traité d'helio et actinologi
Sigalas C, Wangermez C.	Prècis de physique appliqué à la pharmacie
Simon G-Dognon A.	Physique
Stefănescu N.	Fizica (vol.II.)
Strohl A.	Prècis de physique medicale
Turchini S.	Travaux pratiques de physique medicale
Turpain A.	Physique
Vancea P.	Lecţiuni de oftamologie
Weiss G.	Précis de physique biologique.

53 (021) : 61
61 (021) : 53

Scanned with OKEN Scanner

E R A T A

Pag.	Rînd.	In loc de.	Se va citi.
1:	6 de jos	A"	A'
55:	12 de sus	vocală	vocalelor
70:	se va adăuga la urmă:		dilată de loc
75:	se va adăuga la urmă:		în apro-
128:	se va adăuga la urmă:		90' la 10° C(epure)
165.	16 de jos	grame conţinuţi	grame de vapori de apă conţinuţi
267.	11 de sus	tie reflexie	tie sufăr o dublă reflexie
287:	26 de sus	sin φ.Căci	sin φ,căci
304.	26 de sus	de	se